Vorschule der Geologie
Anleitung zur Beobachtung
Horace-Bénédict de Saussure

VORSCHULE

DER

GEOLOGIE.

Digitized by Google

Digitized by Google

VORSCHULE

DER

GEOLOGIE.

Eine Anleitung

zur

Beobachtung und zum richtigen Verständniss der noch jetzt auf der Erdoberfläche vorgehenden Veränderungen

sowie

zum Studium der geologischen Erscheinungen überhaupt.

Nach dem

„GEOLOGICAL OBSERVER"

des

SIR HENRY T. DE LA BECHE

frei mit Zusätzen bearbeitet

von

Dr. ERNST DIEFFENBACH.

Mit über 300 in den Text eingedruckten Illustrationen in Holzschnitt.

BRAUNSCHWEIG,

VERLAG, DRUCK UND PAPIER VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1852.

Digitized by Google

QE26
D415

Digitized by Google

LBC

Vorrede.

Der heutige Zustand der Erdoberfläche, die Wirkung der Atmosphäre, des Wassers auf die dieselbe zusammensetzenden Materialien, die unter unseren Augen stattfindenden chemischen Vorgänge, ferner die Einwirkungen, welche das thierische und pflanzliche Leben auf die Bildung unorganischer Massen hat, bieten uns Gelegenheit zu einer Menge von Beobachtungen, die uns zu einem richtigen Verständniss der Umwälzungen und Veränderungen führen können, welche die Erdrinde erfahren hat. War man früher wohl geneigt, diese Umwälzungen, von denen uns der Bau der Erde Zeugniss ablegt, als etwas Abgeschlossenes zu betrachten, dessen Entstehungsursachen auf dem Wege der Erfahrung nicht oder doch nur sehr mangelhaft zu ermitteln seien, so hat man sich allmälig mehr und mehr darüber geeinigt, das Material, aus welchem die Erdrinde besteht, als auf eine Weise gebildet zu betrachten, wie es noch heut zu Tage gebildet wird, und in den jetzigen Vorgängen der unorganischen und organischen Natur nach Veränderungen zu suchen, die identisch mit denen waren, welche in der Vergangenheit stattgefunden haben. Dadurch hat sich ein grosser Schatz von Thatsachen angehäuft, deren Kenntniss unerlässlich zum richtigen Verständniss geologischer Forschungen und zu eigenen Untersuchungen ist. Das Studium der Gegenwart ist zur fruchtbringendsten Schule für die Kenntniss einer weit entfernt liegenden Vergangenheit geworden. Wir erkennen, wie die älteren Schichten und übrigen Bildungen die Wirkungen von auch jetzt noch für uns fassbaren und begreiflichen Kräften sind, wir lernen aus der heutigen Fülle der Erscheinungen die Ursachen der so grossen Mannigfaltigkeit, die sich in den Bildungen einer und derselben Zeit in ihrem mineralogischen und chemischen Verhalten ergiebt. Die Vertheilung fossiler Reste in den Erdschichten, die Ver-

827811

Digitized by Google

schiedenheiten, die sich darin kund geben, der Wechsel der sich in einer und derselben Schicht oft in kurzen Entfernungen zeigt, je nach der Art und Beschaffenheit der Schichten, finden in der Beobachtung der jetzigen Vertheilung des organischen Lebens im Meere, der Gesetze, die dasselbe regeln, seine Existenz an einem Orte bedingen, an einem anderen verhindern, ihre Erklärung. Niemand, der mit der Geschichte der beschreibenden Geognosie vertraut ist, wird in Abrede stellen, dass viele der abenteuerlichsten Hypothesen und Phantasiebilder zur Erklärung geologischer Verhältnisse unterblieben sein würden, dass viel Papier nicht würde unnütz beschrieben worden sein, wenn man nur die gewöhnlichsten Vorgänge in der heutigen Natur mit unbefangenem Blicke ins Auge gefasst, und eine unbefangene Nutzanwendung daraus gezogen hätte. Aber statt der in ewigen unverrückbaren Gesetzen waltenden Natur wurden erdzerstörende Katastrophen, vernichtende Revolutionen, wiederholte chaotische Zustände, denen nichts Lebendiges entronnen, zu Hülfe gerufen, um Wirkungen zu vollbringen, denen sie mit der intensivesten Steigerung ihrer Thätigkeit nicht gewachsen waren. Freilich hat uns das Studium jetziger Ursachen noch nicht Alles erklärt, aber es hat uns doch zum Bewusstsein der Einheit der Naturkräfte durch alle Zeiten hindurch gebracht, es hat die Grenzen des Hypothetischen immer enger und enger gezogen, und wir sind dadurch unserem endlichen Ziele, einer Erkenntniss des Ganges unserer Erdschöpfung, einem Erfassen des Schöpfungsgedankens, immer näher und näher gerückt. Vorschule der Geologie nennen wir dieses Buch, das den angehenden Geognosten mit den physikalischen, chemischen und den sonstigen die Erdoberfläche umgestaltenden Vorgängen bekannt machen, ihm eine Zusammenstellung der wichtigsten hierher gehörigen Thatsachen gewähren und auf die Beziehungen aufmerksam machen soll, die für ein Verständniss des Vergangenen aus ihnen hervorgehen können. Es soll eine Vorschule, eine Einleitung sein zum Studium specieller beschreibender geognostischer Werke, vor Allem aber soll es anleiten, geognostische Beobachtungen selbst zu machen, und die bereits vorhandenen vom richtigen Gesichtspunkte zu beurtheilen.

Dieser Vorschule liegt ein englisches Werk (The Geological Observer) von einem der erfahrensten englischen Geognosten zu Grunde, von Sir Henry de la Beche. Derselbe hatte mehr als hundert Andere Gelegenheit die Natur in ihrem grossen geräuschlosen Wirken unter den verschiedensten Himmelsstrichen zu beobachten, seit seiner Jugend hat er sich mit praktischen geognostischen Untersuchungen beschäftigt und ist in seiner jetzigen Stellung als Dirigent der geognosti-

Digitized by Google

schen Aufnahme von Grossbritannien besonders im Stande gewesen, lange und anhaltend die jetzigen Vorgänge im und in der Nähe des Meeres zu würdigen; denn das Meer ist ja die grosse Werkstätte, in der die Natur ihre ausgedehntesten Bildungen zu Stande bringt, solche, die bei weitem den grössten Theil derjenigen ausmachen, die wir jetzt zu festem Lande und zu Bergketten erhoben sehen, und deren Untersuchung auf die Art und Weise ihrer Bildung die Aufgabe des Geognosten ist. Wer in der Nähe des Meeres wohnt, ist zur Untersuchung der wichtigsten die Erdoberfläche verändernden Ursachen weit besser gestellt, als der Binnenbewohner; überhaupt wird die Bedeutsamkeit fortdauernder Ursachen erst recht gewürdigt werden können, wenn wir die Veränderungen, wie sie in allen Zonen und Klimaten über den ganzen Erdball hin und unter den verschiedenartigsten Umständen im Meere vorgehen, auf das Genaueste untersucht haben, und wir werden auch dann erst im Stande sein, eine richtige Vergleichung mit älteren Bildungen zu treffen. Man wird leicht finden, dass in diesem Werke Beobachtungen aus allen Weltgegenden niedergelegt sind, und aus ihm eine Bekanntschaft mit allem Neuen, wie sie durch eigene Beobachtung und durch lebendigen persönlichen Verkehr mit Reisenden und Seefahrern, von denen etwas zu lernen war, erlangt wird, hervorgeht.

Es ist eine andere Frage, ob die Einführung eines solchen Werkes bei dem deutschen Publicum ein wirklich vorhandenes Bedürfniss erfüllt. Wir glauben unbedingt diese Frage bejahend beantworten zu müssen. Wir besitzen zwar vortreffliche Hand- und Lehrbücher der Geognosie und dieselben können sich an Gründlichkeit und wahrer Wissenschaftlichkeit mit denen aller anderen Nationen messen. Indessen sind gerade die in dem folgenden Werke besprochenen Gegenstände gewöhnlich weniger ausführlich behandelt, und nur als kurze Einleitung in die Darstellung und Geschichte der vergangenen Epochen, und selten hat man versucht, das Gegenwärtige zur eigentlichen Grundlage zu machen und damit die Vorgänge der Vergangenheit zu erklären. Es darf auch wohl bemerkt werden, dass bildliche, der wirklichen Natur entnommene Beispiele, wie sie in diesem Werke in reichlicher Menge gegeben sind, nicht gerade in unserer Literatur zu den häufigen Erscheinungen gehören, und wir legen diesem Umstande für die Brauchbarkeit desselben zur Einführung in das geologische Studium ein ziemliches Gewicht bei.

Eine kurze Uebersicht des behandelten Materials wird die Reichhaltigkeit des Werkes darthun.

Digitized by Google

I. Einleitung in den Gegenstand überhaupt. II. Zersetzung von Felsarten, Bodenbildung. III. Bewegung von chemisch gelösten oder mechanisch getragenen Gesteinstheilen durch Wasser und ihre Ablagerung. IV. Süsswasserbildungen. V. Wirkung des Meeres auf Küsten, Dünen und Strandbildungen. VI. Sedimentablagerungen in Meeren ohne Ebbe und Fluth. VII. Sedimentablagerungen in Meeren mit Ebbe und Fluth. VIII. Chemische Ablagerungen im Meere und in Binnenseen. IX. Erhaltung organischer Reste, Korallenriffe und Inseln. X. Wirkung des Eises in der Fortschaffung von Material und erratischen Blöcken. XI. Knochenhöhlen. XII. Vulkane und ihre Producte. XIII. Salsen oder Schlammvulkane. XIV. Erdbeben, Erhebungen und Senkungen des Landes. XV. Langsame Erhebungen und Senkungen des Landes. XVI. Versunkene Wälder und erhobene Küsten. XVII. Temperatur der Erde und der Quellen. XVIII. Art der Ablagerung sedimentärer und Versteinerungen führender Schichten. XIX. Eruptive Gesteine früherer Zeiten. XX. Festwerden und Lagerung der Gesteinstheile, Fugen und Klüfte. XXI. Biegung, Krümmung und Zerreissung geschichteter Gesteine, Bildung der Bergketten. XXII. Bildung der Erzgänge. XXIII. Entblössung von Gesteinen. XXIV. Geologische Karten und Durchschnitte.

Was die deutsche Bearbeitung betrifft, so hat sich dieselbe besonders zur Aufgabe gestellt, dem deutschen Leser gerecht zu werden. Es sind deshalb hier und da Zusätze und Veränderungen gemacht, ältere Angaben durch neuere und zuverlässigere ersetzt worden. Der Herr Verleger, dessen Verlagsartikel in artistisch ausgestatteten Schul- und Lehrbüchern anerkannter Weise bei uns das Beste bieten, hat sämmtliche Holzschnitte neu ausführen lassen, so dass sie in jeder Beziehung den Vergleich mit dem englischen Werke aushalten können und hat auch noch eine Anzahl neuer hinzugefügt, um den abgehandelten Gegenständen die möglichste Verständlichkeit, dem Buche selbst die grösste Brauchbarkeit zu geben.

Giessen, im Mai 1852.

Dr. Ernst Dieffenbach.

Digitized by Google

Einleitung.

Es ist bei der oberflächlichsten Beobachtung wahrnehmbar, dass die Erdrinde durch einen langen Zeitraum hindurch Veränderungen erlitten hat, und dass diese Veränderungen mit dem jetzigen Zustande der Dinge ihr Ende nicht erreicht hatten, sondern bald in auffallender, bald in mehr langsamer Weise, aber mit einem in der Gesammtwirkung bedeutungsvollen Resultate noch fortdauern. Die Geologie ist die Wissenschaft aller dieser Veränderungen in der Zeit und in der Gegen wart, sie ist also die Geschichte des Erdkörpers, den wir bewohnen.

Zu den wichtigsten Vorgängen gehört das Aufsteigen von geschmolg zenen Steinmassen aus dem Erdinnern, die Zerstörung dieser Massen nach ihrer Abkühlung und Zertrümmerung oder Auflösung durch die chemischen und physikalischen Einflüsse der Atmosphäre und des Wassers und die Ablagerung der so gebildeten Producte oder Trümmer an einem anderen Orte, hauptsächlich unter Mitwirkung des fliessenden Wassers und der Winde, oder auch die abermalige Ortsbewegung des bereits auf secundärem Wege gebildeten Materials; ferner die Aufbewahrung und Erhaltung der Reste eines Theils des thierischen und pflanzlichen Lebens unserer Zeit in den ihrem grössten Theile nach horizontal oder doch fast horizontal unter dem Wasser gebildeten Ablagerungen; ferner die zuweilen über grosse Flächenräume bald schneller, bald langsamer vor sich gehende Erhebung dieser Ablagerungen über den Spiegel des Wassers, also durch Bewegungen der Erdrinde, durch welche die Ablagerungen oft ihre horizontale Lage ändern, mehr oder weniger aufgerichtet, gebogen, gefaltet, zerrissen und selbst zu Bergketten aufgethürmt werden, während auf der anderen Seite auch Senkungen grosser Flächenräume stattgefunden haben.

Aehnliche oder gleiche Verhältnisse hat es aber zu allen Zeiten

Digitized by Google

gegeben, so weit wir die Geschichte der Erdrinde bis zu ihrem Mythenalter verfolgen können, das heisst, bis zu der Zeit, wo keine Reste organischen Lebens uns einen Haltpunkt liefern für die Entzifferung der Oberflächenbeschaffenheit zu einer bestimmten Zeit und an einem bestimmten Orte; zu allen Zeiten sind eruptive Gesteine gebildet worden, d. h. solche, die aus dem Innern der Erde an deren Oberfläche getreten sind, zu allen Zeiten haben Zerstörungen und Schichtenbildungen im Wasser als secundäre, chemische und mechanische Bildungen stattgefunden, und diese, so lange thierisches und pflanzliches Leben auf der Erde existirte, die Reste desselben, bald in grösserer, bald in geringerer Vollständigkeit, an einem Orte mehr, an dem anderen weniger oder gar nicht, je nach den dazu erforderlichen Bedingungen und Verhältnissen, begraben; zu allen Zeiten haben Bewegungen der festen Erdrinde die Lage des so gebildeten Materials, die Vertheilung von Wasser und Land auf der Erdoberfläche verändert, und die Uebereinanderlagerung von mächtigen Schichtenfolgen mit den Resten des im Laufe der Zeit allmälig eine andere Gestalt annehmenden organischen Lebens möglich gemacht.

Man hat durch das Studium der auf einander folgenden Schichten hauptsächlich in Europa und in Amerika, aber auch in anderen Erdtheilen gefunden, dass in der Bildung dieser Schichten sich eine gewisse Reihenfolge kund giebt, so dass die Schichten aus einer Zeit, namentlich aber die aus den früheren Zeitaltern der Erde, überall eine gewisse Aehnlichkeit haben, eine Aehnlichkeit, die sich besonders in den eingeschlossenen organischen Resten kund giebt, viel weniger in dem mineralogischen Charakter der Schichten, denn ein solcher konnte sich so oft wiederholen als Bedingungen dazu vorhanden waren, oder es konnte und musste auch in einer und derselben Schichte, je nach den localen Umständen, ein ganz verschiedener mineralogischer Charakter herrschen, wie dies am besten sich erklären wird, wenn man die jetzt auf dem Boden des Meeres, am Ufer oder weiter davon entfernt, an Flussmündungen u. s. w. sich bildenden Schichten ins Auge fasst. Indessen durch die genaue Beobachtung der Aufeinanderfolge der Schichten nach ihrem Alter ist es möglich geworden, bestimmte Gruppen festzusetzen, deren Folge zwar wohl durch das Fehlen eines oder mehrerer Glieder unterbrochen sein, oder durch das Hinzutreten untergeordneter Bildungen, die mehr eine locale Bedeutung haben, eine etwas andere werden kann, die aber dadurch im Grossen an ihrer Gesetzmässigkeit nichts einbüsst. Diese Gruppen und ihre Unterabtheilungen haben nicht überall dieselben Namen erhalten, überhaupt hat kein bestimmtes Princip

Digitized by Google

in der Benennung geherrscht, da man dieselbe bald von den Orten entnahm, an welchen eine Gruppe in besonderer Entwickelung vorhanden und von denen sie beschrieben wurde, bald die mineralogische Beschaffenheit, bald traditionelle alt hergebrachte Benennungen, bald bestimmte theoretische Ansichten einen Anhaltspunkt gaben, ohne dass sich indessen solche Benennungen ein allgemeines Bürgerrecht verschaffen konnten, eben wegen des Mangels einer allgemein gültigen Eigenschaft, von der ein Name zu entnehmen gewesen wäre.

Von den eruptiven oder auch feuergebildeten Gesteinen, da man ihnen einen Ursprung von innen nach aussen, auf eruptivem, wenn auch nur mit mehr oder weniger Recht auf einem feurigen Wege zuschreibt, ist der grösste Theil, wenn nicht das Ganze dieser geschichteten Gesteine direct oder indirect abgeleitet, als Schutt, Fragmente, Gerölle, mechanisches Sediment, sogenannter Detritus, oder auch als chemischer Niederschlag, oder als Reste organischen Lebens, und es ist daher wichtig, diese zuerst zu betrachten.

Es ist eine ziemlich allgemein verbreitete Ansicht, dass unser Planet früher heissflüssig gewesen und derselbe erst durch eine sehr langsame Abkühlung oder Wärmeausstrahlung in den Weltraum eine Kruste erhalten habe, die immer dicker und dicker wurde. Welche Ansichten man auch über diesen ersten Zustand haben mag, so ist so viel gewiss, dass an vielen Orten auf der Erdoberfläche Gesteinsmassen zu Tage treten, und dass ein ähnliches Verhältniss seit den frühesten Zeiten der Erdgeschichte stattgefunden hat. Die Formen, unter welchen eruptive Gesteine zum Vorschein kamen, waren zwar in diesen früheren Zeiten nicht die gleichen, wie jetzt, es waren dieselben mehr massenhafter Art, während sie heut zu Tage die Form von Lavaströmen haben, sie hatten auch wohl eine etwas verschiedene chemische Natur und eine andere Structur, haben zum Theil auch schon Umwandlungen chemischer Art erfahren, und wir haben in der That unter den jetzigen Vorgängen nichts ganz damit Identisches; indessen ist doch wohl anzunehmen, dass es wirklich Gesteine eruptiver Art waren, vielleicht bildeten sie sich in grösseren Tiefen in der Erdrinde und kamen erst nach ausgedehnten geologischen Veränderungen auf der Oberfläche zum Vorschein, vielleicht bilden sie sich noch in der Weise; jedenfalls ist diese massenhafte Form eruptiver Gesteine nicht auf eine einzige Zeit beschränkt gewesen, sondern wir finden, wie sich Gesteine dieser Art zwischen Ablagerungen jeder Zeit drängen, auch zwischen solche von sehr jugendlicher Bildung.

So verschieden auch im Einzelnen das Aussehen dieser auf erupti-

Digitized by Google

vem Wege gebildeten Gesteine ist, so sind es doch im Allgemeinen nur wenige Mineralien, welche dieselben zusammensetzen, es sind hauptsächlich Glieder der Familie der Feldspathe, nämlich der Orthoklas, der glasige Feldspath, der Ryakolith, der Albit, der Labrador, der Oligoklas, der Andesit, der Anorthit, es sind die verschiedenen Arten des Glimmers, ferner die Zeolithe oder wasserhaltigen Silicate, der Quarz, die Mineralgruppe der Hornblende, nämlich die Hornblende selbst, der Augit, der Hypersthen, der Diallag, ferner der Nephelin, der Granat, der Turmalin, der Epidot, der Olivin, der Serpentin, das Magneteisen, welche für sich oder durch ihr Zusammentreten zu deutlich oder undeutlich krystallinischen Gemengen und als amorphe Massen diese Gesteine bilden. Da im Verlauf dieses Werkes weiter von den Gesteinen und ihrer Zusammensetzung die Rede sein wird, so möge hier nur eine Aufzählung der hauptsächlichsten eruptiven Gesteine eine Stelle finden, um das Verständniss des Nachfolgenden zu erleichtern. Die wichtigsten dieser Gesteine sind die folgenden:

1. Der Granit. Er ist ein körnig krystallinisches Gemenge von vorwaltendem Orthoklas, meist Oligoklas, zuweilen Albit, Glimmer und Quarz, zu denen sich in manchen Graniten noch eine Anzahl von Mineralien als unwesentliche Gemengtheile gesellen. Die Verschiedenheiten der Farbe, der Grösse der einzelnen Gemengtheile, sowie die Art und Menge der zufälligen Bestandtheile bedingen das verschiedene Aussehen der Granite.

2. Der rothe Porphyr oder Feldspathporphyr hat beinahe dieselbe Zusammensetzung, aber seine Structur ist die eines Porphyrs, d. h. in einer dichten Grundmasse sind einzelne Krystalle von Orthoklas und Quarz, bisweilen auch Glimmer zerstreut. Seine Farbe ist am häufigsten roth. Ihm verwandt ist der Pechstein, bei welchem in einer pechartig aussehenden Grundmasse Krystalle von glasigem Feldspath liegen.

3. Der Syenit ist ein krystallinisches Gemenge von Orthoklas und Hornblende, denen sich häufig Oligoklas, auch wohl etwas Quarz und Glimmer zugesellen.

4. Der Granulit oder Weissstein besteht aus sehr feinkörnigem Orthoklas, in dem kleine Körner von Granat und Quarz eingeschlossen sind.

5. Der Trachyt ist ein körniges, sich rauh anfühlendes Gestein, von gewöhnlich grauen Farben, das aus einer feldspathigen körnigen Grundmasse besteht, die die Zusammensetzung des Albits hat, in welcher grössere oder kleinere Krystalle des sogenannten glasigen Feld-

Digitized by Google

spaths oder auch des Ryakoliths eingebacken sind. Verwandt sind diesem der Trachytporphyr, der Phonolith, der Obsidian, der Perlstein, der Bimsstein, die fast immer durch die Gegenwart des glasigen Feldspaths charakterisirt sind, und zum Theil nur verschiedene Aggregationszustände des Trachyts sind.

6. Der Diorit enthält Hornblende und Albit, zu denen auch mitunter Quarz kommt. Es ist ein Gestein, in dem die Bestandtheile zuweilen deutlich geschieden, zuweilen aber auch zu einem feinkörnigen oder gar dichten Gemenge mit einander verbunden sind.

7. Der Diabas ist demselben sehr nahe verwandt, nur besteht derselbe aus Labrador und Augit, meist in sehr feinkörniger und selbst dichter Gestalt.

Diese beiden Gesteine umfassen die sogenannten Grünsteine; sie treten auch als Porphyre auf; statt des Albits oder Labradors findet sich auch Oligoklas oder Anorthit. Grünsteinporphyr ist ein allgemeiner Name für diese Porphyre, gegenüber den rothen Porphyren.

8. Der Melaphyr besteht hauptsächlich aus Labrador, kohlensaurem Eisenoxydul, kohlensaurem Kalk und einem Mineral, welches gewöhnlich als Augit betrachtet wird. Sehr häufig hat derselbe eine mandelsteinartige Structur.

9. Der Gabbro oder Euphotid besteht aus Labrador oder Saussurit und Diallag oder Smaragdit zu einem krystallinischen Gemenge verbunden. Verwandt ist diesem der schöne und seltene Eklogit, der aus grünem Diallag und rothem Granat besteht.

10. Der Hypersthenfels ist ein körniges Gemenge von Hypersthen und Labrador, gewöhnlich mit etwas Magneteisen.

11. Der Serpentin besteht aus dem einfachen Mineral Serpentin, zu dem aber gewöhnlich noch ausserwesentliche Einschlüsse kommen, Granat, Bronzit, Schillerspath, Glimmer, Magneteisen, Eisenkies.

12. Der Dolerit ist gewöhnlich ein Gemenge von Labrador und Augit und titanhaltigem Magneteisenerz.

13. Der Nephelinfels ist ein körniges Gemenge von Nephelin, Augit und Magneteisen, gewöhnlich noch mit Ryakolith und Sphen.

14. Der Basalt ist ein dichtes schwarzes Gestein, das ein inniges Gemenge von Labrador, Augit, Magneteisen, und einem Zeolith darstellt und gewöhnlich Olivin enthält.

15. Der Leucitophyr ist eine Felsart, die in einer lichtgrauen Grundmasse Krystalle von Augit, Leucit, Olivin und Magneteisen enthält.

Digitized by Google

Die Felsmassen, welche in Schichten abgelagert sind, sind also entweder direct oder indirect von diesen eruptiven Gesteinen abgeleitet und durch Wasser über Flächenräume von verschiedener Ausdehnung und Gestalt verbreitet worden. Ein grosser Theil von ihnen ist durch die Gegenwart von Thier- und Pflanzenresten bezeichnet, die in verschiedenen Zeiten der Erdgeschichte lebten, und die so umkamen, dass Theile von ihnen und zwar gewöhnlich die härteren Theile in den Mineralablagerungen begraben wurden. Die Beobachtung hat gezeigt, dass diese Ablagerungen sich auf einander folgen, gerade so wie die Sedimentablagerungen in Seen und Meeren auf die folgen, die ihnen vorhergegangen sind, so dass, wenn die alten Seegründe oder der Meeresboden in die Atmosphäre erhoben sind, wie uns der Augenschein lehrt, die Structur derselben in Klippen, an Meeresküsten, in Bergwerken, in artesischen Brunnen, oder wo irgend die Erdrinde zugänglich ist, studirt und untersucht werden kann. Je weiter wir mit unseren Untersuchungen kommen, desto mehr werden wir davon überzeugt, dass diese Schichten mit thierischen Resten oder die versteinerungsführenden Sedimentschichten, wie sie auch genannt werden, ganz in ähnlicher Weise abgelagert worden sind, wie heut zu Tage Ablagerungen in Flüssen, Buchten, Seen und Meeren gebildet werden. Wenn der Geognost deshalb die Verbreitung solcher Versteinerungen führenden Ablagerungen aus einer gegebenen Zeit untersuchen will, so ist seine Aufgabe, sich die Vertheilung von Wasser und Land in dieser Zeit mit allen dadurch herbeigeführten Verhältnissen zu vergegenwärtigen, die Vertheilung des organischen Lebens in jener Zeit, die Art und Weise, wie die Reste desselben in den sedimentären und chemischen Ablagerungen begraben wurden. Das geologische Studium hat zu seinem Zwecke, aus diesen Resten und den Ablagerungen ein Bild der unorganischen und organischen Welt zu einer bestimmten Zeit in der Geschichte, die Vertheilung von Wasser und Land zu dieser Zeit der Erde dem geistigen Auge vorzuführen.

Betrachtet man die Reihe der Versteinerungen führenden Schichten in dieser Weise, so wird man finden, dass manche Abtheilungen derselben, die man für eine bequemere Beschreibung gemacht hat, und die Verfolgung gewisser Verhältnisse des Meergrundes über kleinere Räume zu speciell sind, als dass man sie als Abtheilungen für die Erde überhaupt gebrauchen könnte, da man nicht annehmen kann, dass Schlamm oder Sandbänke früher eine grössere Ausdehnung hatten als jetzt. Da indessen solche kleinere Abtheilungen die Beständigkeit oder die Veränderlichkeit der Entstehungsursache über kleinere Flächenräume

Digitized by Google

darthun, so sind sie doch von Wichtigkeit, da wir nur durch eine sorgfältige und ins Einzelne gehende Untersuchung nachweisen können, was wirklich nur locale Bedeutung hat und was über grössere Flächenräume vorkommt, wodurch wir erst den wahren Werth des letzteren zu würdigen lernen.

Nehmen wir an, dass die Beschaffenheit der Erdoberfläche während der Anhäufung der verschiedenen Ablagerungen, in denen die Ueberreste des thierischen und pflanzlichen Lebens begraben sind, im Allgemeinen und Grossen betrachtet, früher so ziemlich dieselbe war, wie jetzt, abgesehen von der verschiedenen Vertheilung von Wasser und Land, oder abgesehen davon, ob die eigene Wärme der Erde in den älteren Zeiten nicht etwa einen grösseren Einfluss auf das organische Leben hatte als jetzt, so finden wir, dass es das Meer war, in welchem sich die hauptsächlichsten mineralischen Ablagerungen aller Perioden bildeten, so dass eine Eintheilung der versteinerungsführenden Schichten nach einer Aufeinanderfolge der Meeresablagerungen wahrscheinlich die nützlichste und natürlichste ist. Die Lebensart der wirbellosen Meeresthiere im jetzigen Augenblicke, die Art und Weise, wie die Reste ähnlicher Thiere in den versteinerungsführenden Schichten vorkommen, ist eine solche, dass diese Abtheilung von Wesen jetzt allgemein als die wichtigste gilt, auf welche man eine Eintheilung gründen kann. In dem vorliegenden Werke werden die Verhältnisse betrachtet, unter welchen jetzt die Reste lebender Thiere in Mineralablagerungen erhalten werden, und von welchem Gesichtspunkte aus manche Verhältnisse beim Studium der Versteinerungen in den Schichten verschiedener geologischer Epochen zu betrachten sind. Es genügt hier, zu erwähnen, dass, nachdem man zuerst die wirkliche Aufeinanderfolge der verschiedenen Ablagerungen untersucht, und dadurch ihre Aufeinanderfolge in der Zeit ermittelt, wenn man die in ihnen gefundenen thierischen und pflanzlichen Reste untersucht hat, sich gewisse kleinere und grössere Abtheilungen machen lassen, welche den Zustand des Meeresbodens in gewissen auf einander folgenden geologischen Zeiten bezeichnen. Ohne im Geringsten zu bezweifeln, dass diese Eintheilungen, selbst wenn sie auf Untersuchungen beträchtlicher Flächenräume gegründet sind, noch manche Modificationen erleiden werden, wenn wir mit der Aufeinanderfolge und der Verbreitung der Versteinerungen führenden Gesteine über die ganze Erde bekannt sind, so ist es doch von Wichtigkeit, die Abtheilungen zu kennen, die dem jetzigen Stande der Wissenschaft entsprechen. Die folgende Uebersicht giebt diese Abtheilungen für Europa, und hat noch wenigstens in ihren grösseren

Digitized by Google

Abtheilungen Gültigkeit für die Aufeinanderfolge der Schichten in anderen Welttheilen.

Geschichtete Versteinerungen führende Gesteine in der Reihenfolge von oben nach unten.

I. Quaternäre Periode.
II. Tertiäre Periode.
III. Secundäre Periode.
IV. Primäre oder paläozoische Periode.

I. Quaternäre Periode, oberflächliche Ablagerungen der jetzigen und der jüngst vergangenen Zeit über den regelmässig geschichteten Gesteinen, Diluvium und Alluvium.

II. Tertiäre Periode.

A. Jüngere oder Pleiocene Periode.
B. Mittlere oder Meiocene.
C. Aeltere oder Eocene Tertiärperiode.

III. Secundäre Periode.

A. Jüngere Secundärperiode.

Kreidegruppe. Mastricht-Schichten. Obere Kreide (oberer Quadersandstein). Untere Kreide, Kreidemergel (Plänerkalk). Oberer Grünsand (unterer Quadersandstein). Gault. Unterer Grünsand (Neocomien).

B. Mittlere Secundärperiode.

Wälderthon, Hastingsand, Purbeckschichten } Wälderthongruppe. Eine Süsswasserbildung.

Oberer Jura, weisser Jura.
- Portlandstein.
- Portlandsand.
- Kimmeridge-Thon.

Mittlerer Jura, brauner Jura.
- Coralrag.
- Oxfordthon mit Kelloway.
- Cornbrash.
- Forestmarble und Bathoolith.
- Fullererde, Thon und Kalkstein.
- Unterer Oolith.

Leias oder schwarzer Jura.

C. Aeltere Secundärperiode.

Triasgruppe.

Keuper.
Muschelkalk.
Bunter Sandstein.

IV. Primäre oder paläozoische Periode.

A. Jüngere paläozoische Periode.

Zechsteingruppe. } Zechsteingruppe oder Kupferschieferge-
Rothliegendes. } birge, Permisches System.

Oberer Kohlenschiefer.
Steinkohlengebirge.
Kohlensandstein.
Kohlenkalkstein.
UntererKohlenschiefer. } Steinkohlengruppe.

B. Mittlere paläozoische Periode.

Posidonienschiefer
Cypridinenschiefer
Orthoceratenkalk
Schaalstein
Stringocephalenkalk
Spiriferensandstein } Jüngere Grauwackengruppe oder Uebergangsgebirge, Devonisches System.

C. Aeltere paläozoische Periode.

Obere böhmische Schichten, Ludlow- u. Wenlock-Schichten.
Untere böhmische Schichten, Caradoc-Sandstein, Llandeilo-Flags. } Aeltere Grauwackengruppe oder älteres Uebergangsgebirge, Silurisches System. { Jüngeres Silurisches System. / Aelteres Silurisches System.

Unter allen hier erwähnten Schichten finden sich in vielen Theilen von Europa noch Schichten, die keine Versteinerungen führen, die mitunter den älteren unter den vorhergehenden in mineralogischer Beschaffenheit gleichen, oder krystallinisch sind, aus Gneus, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Hornblendeschiefer, krystallinischem Kalksteine und manchen anderen Gesteinsmodificationen bestehen. Man nimmt ziemlich allgemein an, dass diese Gesteine in der Form von Sediment oder chemischen Niederschlägen abgelagert wurden, und möglicher Weise auch Reste organischer Wesen enthalten haben können, dass diese letzteren aber durch Veränderungen, welche diese Gesteine betroffen ha-

Digitized by Google

ben, verschwunden sind, und sie dadurch selbst ihre jetzige Gestalt erhalten haben.

Es ist nicht die Absicht des vorliegenden Werkes, speciellere Beschreibungen der hier erwähnten Gesteine, und der versteinerungsführenden Schichten zu geben. Viele andere treffliche Werke beschäftigen sich mit diesen Gegenständen; das Studium einer guten Sammlung mit Hülfe dieser Werke oder besser unter Anleitung eines Sachverständigen ist jeder Beschreibung vorzuziehen. Zum Studium der Felsarten kann sich Jeder leicht richtig benannte Stücke von den Mineralienhändlern verschaffen. Ein Gleiches gilt von dem Studium der Versteinerungen, ein Studium, das natürlich im innigen Zusammenhang mit dem der lebendigen Natur überhaupt stehen muss, deren Gesetze auch die Organisation des Ausgestorbenen, Erloschenen beherrscht haben. Die freie Natur ist indessen die reichste Quelle geologischer Erkenntniss, in ihr lernt der Beobachter die grossen Probleme der Geologie zu würdigen, dort bieten sich ihm die analogen Verhältnisse für die Veränderungen vergangener Zeiten, dort erkennt er, wie auch jetzt mannigfaltige Einflüsse thätig sind, um das Vorhandene zu zerstören und Neues an dessen Stelle zu setzen.

Digitized by Google

Univ. of California

Vorschule der Geologie.

Um eine richtige Einsicht in das Wesen der Veränderungen zu erhalten, deren Schauplatz die Erdrinde und ihre Oberfläche im Laufe der Zeiten gewesen ist, muss man sich vor allen Dingen mit den jetzigen Veränderungen bekannt machen, und dann die erlangte Kenntniss so weit wie möglich zur Erklärung der Vorgänge in früheren Epochen anwenden. Ist dies geschehen, so geht man zu den Veränderungen über, die nicht auf diese Weise zu erklären sind, und sucht aus der Beschaffenheit und der Anordnung der Materie in der Erdrinde überhaupt, aus der Gestalt unseres Planeten, aus seinen eigenen Temperaturverhältnissen und denen des umgebenden Raums, sowie aus anderen auffälligen Umständen auch die wahrscheinliche Ursache dieser letzteren zu ergründen.

Zersetzung von Gesteinen.

Schon die oberflächlichste Betrachtung zeigt uns, dass die Gesteine, aus denen unsere Erdrinde besteht, durch atmosphärische Einflüsse verwittern und sich zersetzen. Diese Zersetzung ist sowohl chemischer wie mechanischer Natur, gewisse Mineralkörper unterliegen ihr leichter als andere und ein und dasselbe Gestein wird auch in einer Stellung oder Lage leichter zersetzt als in einer anderen.

Diese Zersetzung von Gesteinen liefert uns die pflanzentragende Decke auf der Oberfläche unseres Planeten, den Boden für die Vegetation, welche ihrerseits das thierische Leben bedingt: denn der Boden ist nichts Anderes als der zersetzte Theil vom Meer- oder Seegrunde, oder von Massen, die auf eruptivem Wege auf die Oberfläche der Erde gekommen sind, mit den Ueberresten der Pflanzen, die auf ihm gewachsen sind, oder der Thiere, die von den Pflanzen gelebt haben. Die zersetzten, bodenbildenden Theile der Gesteine finden sich in Folge bestimmter Gestaltungen der Oberfläche nicht immer an dem Orte, wo sie entstanden sind, als eine Decke der Gesteine selbst, indem sie vom

Digitized by Google

Wasser fortgeführt und mit den Zersetzungsproducten anderer Gesteine vermischt wieder abgelagert wurden, oder auch andere Gesteine ganz bedecken. In allen Fällen aber wird der Hauptbestandtheil des Bodens durch zersetzte Gesteine gebildet, die durch ihre Zersetzung den Pflanzen die zu ihrem Wachsthum nöthigen löslichen Mineralstoffe und eine Masse von einer solchen physikalischen Beschaffenheit darbieten, dass Gewächse in derselben wurzeln und wachsen können.

Die Art und Weise, wie sich die verschiedenen Gesteine zersetzen, die Abstufungen, die sie bei diesem Vorgange darbieten, verdienen die grösste Aufmerksamkeit des geologischen Beobachters und sind, nächst der Kenntniss der Gesteine selbst, die Grundlage für ein auf die Gesetze der Chemie und Physik gegründetes geologisches Wissen. Bei den Gesteinen, denen man einen Ursprung auf feurigem Wege zuschreibt, wie den Graniten, Syeniten, Dioriten u. s. w., ist die Zersetzung des Feldspathes, welcher einen Hauptbestandtheil ihrer ganzen Masse ausmacht, eine der Hauptursachen ihrer Verwitterung und ihres Zerfallens. Es sind verschiedene Arten von Feldspathen, welche als Gemengtheile in diese Gesteine eintreten, aber es mag hier genügen, den Vorgang bei der Zersetzung des gemeinen oder Orthoklasfeldspathes näher anzugeben, der den wesentlichsten Bestandtheil des Granits und der granitischen Gesteine bildet. Setzt man an die Stelle des Kalis in diesem Feldspathe Natron, so erhält man damit die Zusammensetzung des Albits, des Hauptbestandtheils des Diorits, und der Process der Zersetzung bleibt sich gleich. Derselbe beruht darauf, dass der Feldspath zuerst in Kaolinthon und in ein unauflösliches Kalisilicat und letzteres durch eine weitere Zersetzung in ein auflösliches Kalisilicat und Kieselerde verwandelt wird, welche mit dem Thon gemengt bleibt. Die Verschiedenheiten, die man bei der Analyse der Kaoline oder der thonartigen Zersetzungsproducte der Feldspathe wahrnimmt, rühren von einem Ueberschuss an Kieselerde her, welcher einer grösseren oder geringeren Einwirkung der Tagewasser zugeschrieben werden muss, die die auflösliche Kieselerde mehr oder weniger fortführen.

Eine Formel wird diesen Hergang am besten veranschaulichen.

Feldspath	= $Al_2O_3 + 4SiO_3 + KO$		zerfällt in
Kaolinthon	= $Al_2O_3 + SiO_3$		und in unlösliches
Kalisilicat	=	$3SiO_3 + KO$	wenn der Feldspath kalihaltig
Natronsilic.	=	$3SiO_3 + NaO$	wenn derselbe natronhaltig ist, wie der Albit oder der glasige Feldspath.

Diese letzteren Silicate zersetzen sich weiter, das Natronsilicat giebt SiO_3 ab und wird zu einer in Wasser löslichen Verbindung $NaO + 2SiO_3$, während von drei Aequivalenten des Kalisilicats $= 3KO + 9SiO_3$ ebenso viel Kieselerde austritt und $3KO + 8SiO_3$ entsteht. Dieses letztere ist die Zusammensetzung des Fuchs'schen Wasserglases.

Digitized by Google

Malaguti und Brogniart haben in einigen Fällen, wo man den Feldspath auf das bestimmteste nachweisen konnte, der den Kaolin geliefert, durch eine vergleichende Analyse die Richtigkeit dieser Ansicht von der Zersetzung des Feldspaths dargethan. Sie fanden z. B. in dem Feldspath von Halle in 100 Theilen

	Kieselerde	Thonerde	Kali	Bittererde	Kalk
	62,76	19,20	14,90	0,18	0,46

Zieht man davon ab

$KO, 3Si_3O =$	43,95		14,90,		so bleibt für
den Kaolin	18,81	19,20		0,18	0,46, welcher in
der Analyse gab	18,48	19,20	nebst	kleinen	Mengen von Kalk

und Bittererde.

Der Vegetation wird durch diesen unaufhörlich fortgehenden aber sehr langsamen Process eine sehr reiche Menge löslicher kieselsaurer Alkalien geliefert, die sich in Quellen, Bächen, Flüssen und im Meerwasser wiederfinden, und denen man in den Pflanzen und in Culturgewächsen in grösserer oder geringerer Menge begegnet. Ist ein Gestein durch das Mürbewerden seiner Feldspaththeilchen einmal aufgelockert, so wirken Regen und Temperaturveränderungen, besonders aber der Frost auf mechanische Weise auf dasselbe, und seine Oberfläche wird unter günstigen Verhältnissen entfernt, und durch die beständige Wiederholung derselben Ursachen zersetzt es sich je nach den Umständen bis zu grösserer oder geringerer Tiefe. In solchen Fällen, wo die übrig bleibenden Stücke entweder zu gross oder so gelegen sind, dass sie nicht leicht entfernt werden können, bleibt oft eine Decke des zerfallenen aber unlöslichen Theils zurück, und schützt bis zu einem gewissen Grade das feste unterliegende Gestein vor weiterer Zersetzung.

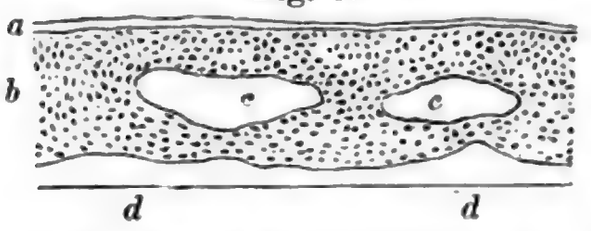
In vielen granitischen Gegenden sieht man, wie weit oft auf diese Weise die Zersetzung vorgeschritten ist: das Gestein ist bis zu einer grossen Tiefe in einen lookeren Grus zerfallen, aber seine Bestandtheile, namentlich die unlöslichen, wie der Quarz und der weniger leicht zersetzbare Glimmer, liegen noch an ihrem ursprünglichen Orte, hier und da liegen auch noch grosse Blöcke, die unzersetzt geblieben sind, auf der Oberfläche oder in der zersetzten Masse selbst. Beide Verhältnisse sieht man sehr schön auf dem nördlichen Abhange des Odenwaldes in der Nähe von Darmstadt. Man darf dann diese Blöcke nicht mit Geschiebeblöcken verwechseln, und ihre Abrundung, die bloss Folge der Verwitterung an Ort und Stelle ist, nicht einer Reibung durch Vorwärtsbewegung zuschreiben. Oft sieht man an solchen Orten matrazzenartig zu Thürmen oder Pfeilern auf einander gehäufte unregelmässig polygonische Massen, die eine früher viel bedeutendere Höhe der Bergkuppe andeuten und dadurch entstanden sind, dass diese Theile der Verwitterung mehr widerstanden, wie ihre Umgebungen. Das Matrazzenähnliche oder Schaalige rührt von der vielen Graniten eigenthüm-

Digitized by Google

Die Felsenmeere oder Teufelstennen, die man in verschiedenen Gegenden der Erde findet, haben keine andere Entstehungsweise, wie die eben genannte.

Die folgende Figur ist einem Durchschnitt an der Strasse zwischen Okehampton und Moreton Hampstead in Devonshire entnommen. *a* ist die vegetabilische Erde, *b* ist der zersetzte Granit, *c c* sind feste abgerundete Massen von unzersetztem Granit, die in dem zersetzten Theil eingeschlossen sind, *d d* ist fester Granit.

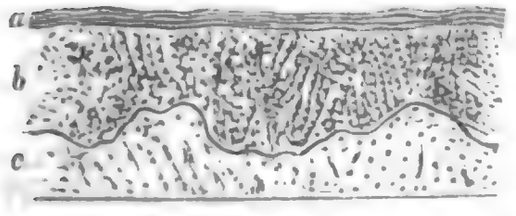
Fig. 3.



Bei solchen Durchschnitten muss man sich sehr hüten, *c c* nicht für Blöcke zu halten, die von einem anderen Orte hergekommen sind, für Fündlinge oder erratische Blöcke, die etwa in einen feineren granitischen Grus oder Sand eingeschlossen sind, wie dies bisweilen mit granitischen Anschwemmungen in der Nähe ihres Ursprungsortes der Fall ist. Der Beobachter wird in dem obigen Falle durch die Gegenwart grosser Feldspathkrystalle unterstützt, die zum Theil zersetzt, zum Theil indessen sehr gut erhalten sind, und sich überall in dem zersetzten Granite noch in ihrer ursprünglichen Lage finden.

In granitischen Gegenden sind Durchschnitte wie der folgende, wo *a* den gewöhnlich sogenannten Humus, *b* den zersetzten und *c* den festen Granit darstellt, nicht selten. Durchschnitte dieser Art muss man indessen genau untersuchen und sich versichern, dass die granitischen Gemengtheile bei *b* von derselben Art sind und in derselben relativen Lage liegen wie bei *c*, und dass keine Möglichkeit vorhanden ist, dass sie durch fliessendes Wasser in ihre jetzige Lage gebracht wurden. Die Masse von fortgeführten Granittheilen in den Umgebungen granitischer Districte und innerhalb derselben ist oft so beträchtlich, dass eine oberflächliche Ablagerung derselben oft eine ganz andere Felsart bedeckt und ohne die gehörige Sorgfalt für eine Masse von zersetztem anstehendem Granit gehalten wird. In gleicher Weise können die Verwitterungsreste der Felsart von einem Theile einer granitischen Gegend entfernt worden sein und das feste Gestein in einem anderen Theile bedecken.

Fig. 4.



Wo Hornblende oder der ihr in der Zusammensetzung sehr ähnliche Augit einen Bestandtheil der eruptiven Felsart ausmacht, z. B. bei dem Syenit und Diorit oder Dolerit, wie denn überhaupt die verbreitetsten eruptiven Felsarten aus einem Gliede der Familie des Feldspathes und einem augitischen oder Hornblendeantheil bestehen, da werden dieselben häufig zuerst angegriffen, das Gestein erhält durch die höhere Oxydation des in ihm enthaltenen Eisenoxyduls und seine Verwandlung in Eisenoxyd-

Digitized by Google

hydrat an einzelnen Stellen oder durchaus eine braune oder braunrothe Farbe. Wenn bei der Zersetzung der Feldspathe Thonerde mit Kieselerde und Wasser verbunden als Thon zurückbleibt, und dagegen die Alkalien mit Kieselerde in auflöslicher Verbindung mehr oder weniger entfernt werden, so wird durch die Zersetzung bei den Augit und Hornblende haltigen Gesteinen aus diesen Mineralien Kieselerde, Kalk und Magnesia ausgeschieden; dieselben verschwinden allmälig und die Hornblende und der Augit verwandeln sich dabei in eine stark eisenhaltige Erde. Es sind der Sauerstoff und die Kohlensäure der Luft und des Bodens, die letztere namentlich aus verwesenden Pflanzenresten, welche hier wirksam werden, das Eisenoxydul und das Manganoxydul werden in kohlensaures Eisenoxydul und Manganoxydul und durch höhere Oxydation in Eisenoxydhydrat oder Manganoxydhydrat verwandelt, der Kalk, die Magnesia vereinigen sich mit der Kohlensäure und kommen als doppelt kohlensaure Verbindungen in einen aufgelösten Zustand. Eine wichtige Quelle für die den Pflanzen und Thieren nöthigen Mineralstoffe, den Kalk, die Magnesia, das Eisen und das Mangan! In Bilin findet man Krystalle von Augit, die äusserlich von gelbbrauner Farbe sind, welche die Gestalt des Augits noch bewahren, aber ganz weich sind. Sie haben, nach Rammelsberg, folgende Zusammensetzung, welche mit der Analyse des Augits vom Rhöngebirge durch Kudernatsch verglichen die angegebene Zersetzungsweise bestätigt:

	Kieselerde	Thonerde	Eisenoxyd	Kalkerde	Talkerde	Wasser
Zersetzte Krystalle	60,62	23,08	4,20	1,27	0,91	9,12
			Eisenoxydul			
Unzersetzte „	50,11	6,68	7,55	18,66	15,72	—

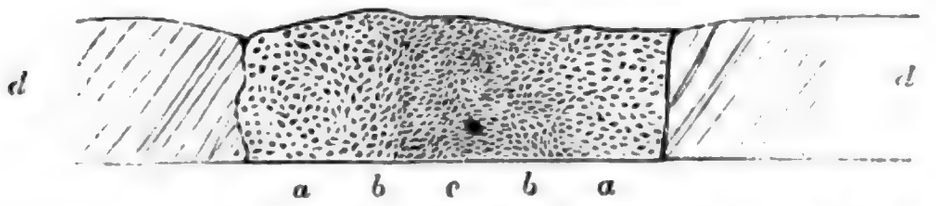
Grünsteine, in denen sowohl der feldspathige wie der hornblendeartige Gemengtheil zersetzt ist, sind an einigen Stellen dick mit einer erdigen Decke bekleidet. Die ungleiche Art, in welcher Gesteine unter gleichen atmosphärischen Verhältnissen zersetzt worden sind, giebt häufig ein ausgezeichnetes Merkmal der ursprünglichen Unterschiede in dem Gesteine ab, die nicht nur von einer verschiedenen Anordnung der Gemengtheile, sondern auch von der verschiedenen Art ihrer Aggregation in Folge verschiedener Abkühlungsverhältnisse herrühren.

Manche Gänge, die mit granitischen oder vulkanischen Massen ausgefüllt sind, liefern vortreffliche Beispiele von der verschiedenen Widerstandsfähigkeit gegen dieselbe Reihe zersetzender Einflüsse, wovon die Ursache hauptsächlich in verschiedenen Modificationen der Abkühlung liegt. In Cornwall giebt es viele granitische Gänge, die man dort Elvangänge heist, und die wie in dem folgenden Durchschnitte eine Zersetzung zeigen, welche allmälig gegen den inneren Theil zunimmt. In Figur 5 stellen *aa*, *bb* und *c* verschiedene Theile eines granitischen Ganges dar, welcher Schiefer *dd* durchsetzt. Nimmt man an, dass in diesem Falle die Gesteinselemente des Ganges ursprünglich dieselben

Digitized by Google

waren, und dass die gefundenen Unterschiede von verschiedener Abkühlung entstanden, wie es in der That häufig der Fall war, so fand

Fig. 5.



die Zersetzung Statt je nach der Leichtigkeit, mit welcher die löslichen Theile von atmosphärischen Einflüssen ergriffen und später entfernt werden konnten. Die äusseren Theile des Ganges *a a* bestehen oft aus einer harten Felsart, in welcher die Elemente des Granits diese Form in Folge schneller Abkühlung angenommen haben, so dass diese Modification der Gangmasse der Zersetzung viel besser Widerstand leistete, als der Rest. Bei *b b* findet sich innerhalb des harten Gesteins eine andere Modification, die von langsamerer Abkühluug herrührt, eine Art Porphyr, in dessen an sich schon weniger dichter Grundmasse irgend ein Mineral, am häufigsten Feldspath, auskrystallisirt ist. Häufig wird in solchen Fällen der Feldspath zersetzt und selbst die unlöslichen Theile entfernt, wenn das Gestein der Atmosphäre ausgesetzt ist. Noch weiter nach innen wird das Gestein immer mehr granitisch, bis zuletzt die inneren Theile ganz krystallinisch körnig sind, und der vollen Wirkung der zersetzenden Einflüsse unterliegen.

Man findet auf diese Weise oft innerhalb eines beschränkten Raumes gute Beispiele verschiedenartiger Zersetzung, die von physikalischen Unterschieden der Masse herrühren, während die chemische Zusammensetzung dieselbe bleibt, und diese Verschiedenheiten sind sehr instructiv, da sie die Ursache der Ungleichheiten der Oberfläche erklären, welche manche Gegenden, die aus denselben eruptiven Gesteinen bestehen, darbieten, und die nur von Schwankungen in ihrer physikalischen Beschaffenheit kommen, vermöge deren einige Varietäten der Zersetzung oder Abnagung besser widerstanden, als andere. Man muss indessen immer auch die Modificationen in der Härte und die Fähigkeit, der Zersetzung einen grösseren Widerstand entgegenzusetzen, beachten, in so fern sie von Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung herrühren, wie denn hierfür die mannigfaltigen Uebergänge, die die granitischen Gesteine in einander machen, wie z. B. die Uebergänge des Granits in Syenit oder des Granits in Turmalinfels, leicht zu bemerkende Beispiele darbieten.

Während Felsarten von im Allgemeinen ähnlicher chemischer Zusammensetzung auf verschiedene Weise sich zersetzen, je nach der verschiedenen Aggregation ihrer Gemengtheile, ist es leicht zu begreifen, dass Felsarten, die aus verschiedenem Material bestehen, und die ursprünglich als Sand, Grus oder Schlich zusammengeschwemmt und später durch

irgend ein Bindemittel zu einem festen Gesteine verkittet wurden, sich unregelmässig und im Verhältniss zu der verschiedenen Widerstandsfähigkeit ihrer Gemengtheile gegen chemische und mechanische Einflüsse zersetzen. Im Allgemeinen zersetzt sich das Bindemittel der Sandsteine und Conglomerate zuerst, wobei die Sandkörner und die Geschiebe frei werden, welche ursprünglich eben wegen ihrer Härte in diesem Zustande geblieben waren, und sie können dann durch fliessendes Wasser an andere Stellen gebracht werden und dort Theile von neuen Anschwemmungen bilden. Die Schnelligkeit der Zersetzung ist in solchen Fällen nothwendig nach der Natur des Bindemittels verschieden. Ein Kalkcement unterliegt leichter den auf Kalksteine überhaupt wirkenden chemischen Einflüssen, als kieselige Masse, obgleich die letztere weniger dicht sein kann, während ein poröses Kieselerdecement leichter durch die vereinigte Wirkung von Gefrieren und Aufthauen entfernt wird.

Die härtesten krystallinischen Kalksteine werden auf der Oberfläche zersetzt. Freilich wechselt diese Thätigkeit, indem sie von der verschiedenen Widerstandsfähigkeit des Gesteins auf der einen und der Quantität zersetzender Einflüsse auf der anderen Seite abhängt. Sehr häufig sieht man Adern von Kalkspath, die einen gewöhnlichen Kalkstein durchsetzen, aus demselben kammartig herausspringen, woraus hervorgeht, dass die krystallinische Anordnung der Theilchen den atmosphärischen Einflüssen besser widersteht, als eine weniger regelmässige, obgleich der kohlensaure Kalk bei der erstern gewöhnlich reiner ist, als in dem Gesteine selbst.

Gehen wir in dieser Untersuchung weiter, so finden wir nicht nur die krystallinischen Adern aus der Oberfläche der Kalkfelsen hervorstehen, sondern es erscheinen auch manche organische Reste auf dieselbe Weise, und in einigen Fällen sehen wir selbst nur auf diese Weise deutlich, dass ein Gestein Versteinerungen führt, indem man dieselben auf dem Bruche gewöhnlich nur höchst undeutlich wahrnimmt. Durch die Verwitterung zeigen viele Nassauer und Harzer Kalksteine älterer Formationen ihren Ursprung als wahre Korallenkalke, die ganz in derselben Weise gebildet wurden, wie unsere heutigen Korallenriffe. Untersucht man die Structur solcher organischen Reste, so sieht man, dass ihre Erhaltung lediglich auf demselben Grunde beruht, aus welchem die Kalkspathader nicht zersetzt wurde. Die Muscheln besitzen nämlich entweder noch ihre ursprüngliche krystallinische oder sonst bestimmte Anordnung ihrer Theilchen, die sie beim lebenden Thiere hatten, oder, was häufiger ist, die Kalktheilchen wurden in dem Gestein zersetzt und die leeren Räume mit Kalkspath ausgefüllt, der in Auflösung durch die Poren des Gesteins in die Höhlen drang, oder die Schaale war nie vollständig entfernt, aber ihr kohlensaurer Kalk hat eine innere Umwandlung, eine Krystallisation erfahren. Knochen und Zähne von Fischen, Reptilien, Vögeln und Säugethieren sind oft vor vollkommener Zer-

Digitized by Google

störung durch ihren Gehalt an phosphorsaurem Kalk bewahrt geblieben, der nur eine geringe Auflöslichkeit besitzt, während nach dem Auslaugen ihres Gehaltes an kohlensaurem Kalke oft andere Stoffe, z. B. Kieselerde oder abermals kohlensaurer Kalk denselben wieder ersetzten. Wie die nassauischen Kalksteine sich bei der Verwitterung grösstentheils aus Korallen zusammengesetzt zeigen, so sieht man die Kohlenkalke von England oft auf viele Hunderte von Fuss aus Stielgliedern von Enkriniten mit Muscheln und einigen Korallen vermischt zusammengesetzt.

Mit Hülfe der Zersetzung lernen wir nicht nur, dass viele Kalksteine nichts weiter sind, als solche Anhäufungen der härteren Theile von Korallen, Mollusken und anderen Geschöpfen, von denen viele an Ort und Stelle gelebt haben, wo wir ihre Reste finden, sondern die Structur der Felsarten wird durch die Verwitterung oft deutlicher, und zwar sowohl der auf feurigem wie auf wässerigem Wege gebildeten, was ausnehmend wichtig ist, wenn wir die ursprüngliche Art und Weise kennen lernen wollen, in welcher sich die Massen angehäuft haben, oder die Modificationen und Veränderungen, denen sie im Verlauf geologischer Zeiten unterworfen waren. Mancher verwitterte Sandstein wird dabei, wie in dem folgenden Bilde, eine wabige und unregelmässige

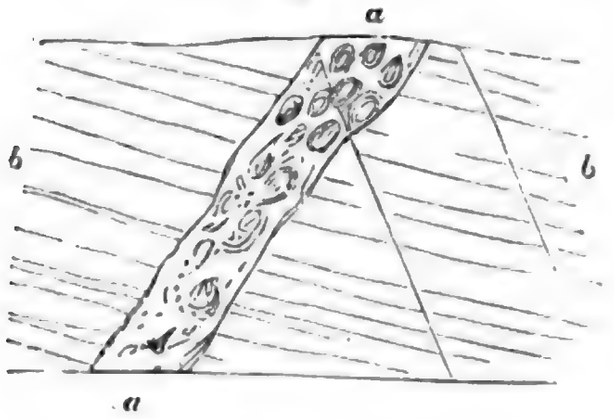
Fig. 6.

Beschaffenheit zeigen, die von dem verschiedenen Charakter der Theile des Bindemittels herrührt und manche andere eben so wichtige Structur, wie z. B. die concretionäre oder kugelförmige bei einigen feuergebildeten Gesteinen, wird dadurch allein deutlich. Ohne die Verwitterung würde man z. B. die kugelförmige Structur mancher Basalte und dieselbe Anordnung in dem granitischen oder Elvangang *aa*, der in Watergate Bucht in Cornwall durch Schiefer *bb* sitzt, nicht erkennen. (Fig. 7, f. S.)

Digitized by Google

Die Spaltbarkeit der Felsmassen unterstützt ebenfalls sehr ihre Zersetzung, da dieselbe eine Schieferung hervorruft, die weit seltener in Folge der ursprünglichen Ablagerung von Sand oder Schlamm in dünnen Schichten über einander stattfindet, und dasselbe geschieht auch durch weiter von einander entfernte Klüfte, welche nebst der Spaltbarkeit später betrachtet werden sollen. In Folge davon dringt das Wasser leichter durch manche Gesteine und bringt eine grössere Menge löslicher Stoffe in Angriff, als es sonst in derselben Zeit der Fall gewesen sein würde.

Fig. 7.



Viele harte Gesteine zeigen sich gegen die Oberfläche oft mit einer wenig symmetrischen Gestalt in den einzelnen Stücken zertrümmert, so dass dieses mehr von der unregelmässigen Wirkung zersetzender Einflüsse, als von ursprünglichen Widerstandsunterschieden in ihrer Structur herzurühren scheint. Man sieht oft einen dichten Kalkstein oder harten Sandstein unter dem Boden wie in Figur 8 zertrümmert, in welcher *a* den Humus, *cc* einen harten Kalkstein oder Sandstein und *bb* Bruchstücke desselben Gesteins darstellen, die nach *cc* hin am grössten werden und augenscheinlich einst Theile der unterliegenden stark geneigten Schichten bildeten, während die oberen Bruchstücke kleiner und mehr durch einander gemengt, obgleich immer noch eckig sind. Ist ein solches Gestein ein Sandstein, so sieht man oft die chemische Veränderung des Eisens in dem Cemente, die nach der Bildung der Stücke stattgefunden hat. Zerbricht man sie, so zeigen sich Durchschnitte wie in Fig. 9. Das Innere bleibt unverändert und ist von unregelmässigen Zonen *b b* umgeben, die gewöhnlich braunroth sind, was von der chemischen Wirkung an den Seiten des Stückes herrührt, welche das Eisenoxydul in Eisenoxydhydrat verwandelte. Aehnliche Veränderungen des Eisenoxyduls sieht man bei den thonigen Kalksteinen, wie sie im Lias vorkommen, und sie sind in der That ausnehmend häufig.

Fig. 8.

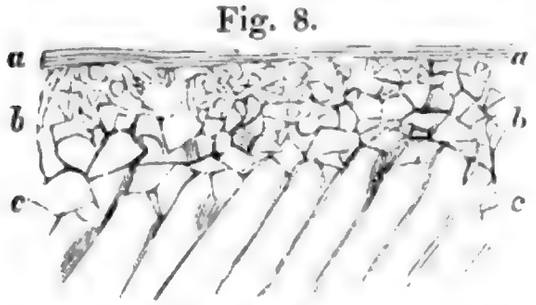
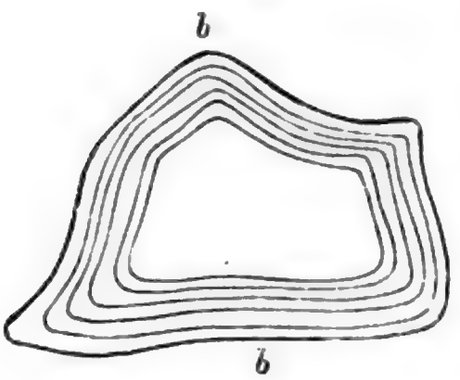


Fig. 9.



In manchen sehr erdigen Kalksteinen, die einst als stark kalk-

Digitized by Google

haltiger Schlamm gebildet wurden, ist der Kalk in den oberen Theilen des Gesteins selbst viele Fuss tief so vollständig verschwunden, und die höhere Oxydation des Eisens so vollkommen gewesen, dass nur eine rostfarbene poröse Substanz zurückbleibt. Unter einigen älteren Formationen sieht man häufig ein solches Gestein, und dieses ist das einzige Mittel, wodurch Schichten, die hier und da einen grösseren Gehalt von kohlensaurem Kalk enthalten, verfolgt oder verknüpft werden können. Auch finden sich unter den älteren Gesteinen, wie z. B. der rheinischen Grauwacke, manche Schichten von rostfarbenem Ansehen, wo der kohlensaure Kalk der zahllosen Muscheln, die einst die grössere Masse der Schicht bildeten, ganz verschwunden ist, während ihre Formen oder die Räume, welche sie einst ausfüllten, allein zurückblieben, indem das in dem Schlamm oder in dem Sand, von denen sie zuerst umhüllt wurden, enthaltene Eisenoxydul ganz in Eisenoxydhydrat umgewandelt wurde. Auch ist in diesem Falle das kohlensaure Eisenoxydul der Gebirgsfeuchtigkeit oder etwa in der Nähe vorhandener Quellen, gerade wo dasselbe kohlensauren Kalk vorfand, als Eisenoxydhydrat niedergeschlagen worden, indem die Kohlensäure desselben an den kohlensauren Kalk trat, dieser als doppelt kohlensaurer Kalk in Lösung kam und fortgeführt wurde, während das unlösliche Eisenoxydhydrat an seiner Stelle blieb, und so die Form des organischen Körpers behielt. Dieser chemische Vorgang ist auch der Grund, warum dieses und andere Metalloxyde in den meisten Fällen in der Nähe von Kalksteinen sich vorfinden, wie dies namentlich mit den Eisensteinen des Herzogthums Nassau der Fall ist.

Während auf diese Weise das in manchen Gesteinen enthaltene Eisen einen allmäligen Uebergang in Eisenoxydhydrat zeigt, bieten viele rothe Mergel und Sandsteine einen Uebergang des letzteren, welches ihnen eine rothe Farbe verleiht, in Eisenoxydul dar. Unterhalb der pflanzentragenden Decke und an der Seite natürlicher Klüfte und Fugen sieht man dann die rothe Farbe in eine grüne oder blaugrüne verwandelt. Diese Veränderung ist die Folge von sich zersetzenden vegetabilischen Stoffen, welche dem benachbarten Eisenoxyd einen Theil seines Sauerstoffs entzogen. Es ist dies ein recht interessanter Umstand, der wohl zu beachten ist, wenn man die grünen oder blaugrünen Streifen in den rothen Mergeln und Sandsteinen von verschiedenem geologischen Alter untersucht, die wahrscheinlich von Ursachen herrührten, die in jener Zeit in Thätigkeit waren, als die ganze Ablagerung sich bildete. Man muss diese Farbenunterschiede, die von der jetzigen Zersetzung der Vegetation herrühren, wohl von den älteren Umwandlungen unterscheiden, da beide sich oft in einem und demselben Durchschnitte darbieten.

Bei dem Maasse der Zersetzung, die die Gesteine durch atmosphärische Einflüsse erleiden, muss man besonders berücksichtigen, wie die

Digitized by Google

Vegetation hier entweder hindernd, befördernd oder je nach den Umständen auf andere Weise modificirend eingreift. Die Vegetation kann die Zersetzung hindern, indem sie den Wirkungen eines plötzlichen Frostes oder Aufthauens ein Hinderniss bietet; sie kann die Wirkung starker Regengüsse befördern, indem sie die höheren Theile der Gesteine dauernder nass erhält, als es sonst der Fall sein würde, oder sie kann sie bedeutend modificiren durch die verschiedenen Wirkungen, welche durch gewisse Pflanzenarten hervorgebracht werden, die das Land in einer bestimmten Zeit bedecken. Ein Waldland befindet sich in verschiedener Lage in Beziehung auf die wahrscheinliche Zersetzung der Gesteine, aus welchen es besteht, als dasselbe Land unter dem Pfluge oder wo es mit Wiesen bedeckt ist. Im Allgemeinen ist das Studium der Zersetzung der Felsarten von grosser Wichtigkeit, da wir durch dasselbe mit einer Masse von Thatsachen bekannt werden, welche mit der ursprünglichen Ablagerung mineralischer Massen verknüpft sind, die uns sonst unbekannt geblieben wären, und es lehrt uns zugleich die Veränderungen und Modificationen richtig zu würdigen, welche seit einer solchen ursprünglichen Ablagerung Statt gehabt haben. Es gewährt uns ferner eine richtige Einsicht in die Quantität von Materie, welche dadurch für die Entfernung und Ablagerung an einem anderen Orte vorbereitet wird. Wir sehen Ursachen und Wirkungen, die überall in Thätigkeit waren, wo Land sich aus dem Wasser in die Atmosphäre emporhob, mögen sie auch noch so sehr durch die Verschiedenheit der Verhältnisse modificirt gewesen sein, wie sie z. B. in den Tropengegenden, in den nördlichen und südlichen Polargegenden sich jetzt finden, oder wie sie in der Atmosphäre unseres Planeten von seinem frühesten Zustande an Statt gehabt haben. Es ist auch wohl nicht nöthig, hier darauf aufmerksam zu machen, welchen wichtigen praktischen Werth eine genaue Kenntniss der Zersetzung der Felsarten darbietet, indem eine rationelle Bodenkunde allein aus ihr hervorgehen kann und sie dem Landwirthe eine Anleitung zu der Kenntniss der in gewissen Bodenarten befindlichen, löslichen Mineralsubstanzen darbietet, und zu einer möglichen Verbesserung gewisser Bodenarten durch Beimengung anderer natürlich vorkommender Gesteinsubstanzen anleitet.

Entfernung der Gesteinstheile durch Wasser.

Da die Quellwasser keine reinen Wasser sind, sondern je nach den Umständen verschiedene Substanzen in Auflösung enthalten, und da es zugleich klar ist, dass wenigstens die Hauptmasse solcher Wasser aus Regen besteht, welcher durch Felsmassen hindurchgesickert ist und auf verschiedene Weise, je nach den Umständen, wieder ausfliesst, so müssen die in ihnen in Auflösung befindlichen Substanzen von den Gesteinen entnommen sein. Mag auch der in irgend einer Quelle gefundene lösliche

Digitized by Google

Stoff gering sein, so ist die Masse im Ganzen doch beträchtlich, hauptsächlich, wenn wir die Veränderungen in Betracht ziehen, welche Gesteinsmassen aus dieser Ursache allein, während des Verlaufs irgend einer geologischen Zeit, erfahren haben müssen, und die Verhältnisse die Entfernung löslicher Materien von einer gegebenen Masse derselben erlaubt haben.

Mit der Fortführung von Kalk, in der Form einer Verbindung mit Kohlensäure, sind wir vertraut. Durch den Verlust des Ueberschusses an Kohlensäure, der ihn in Löslichkeit erhielt, wird der Kalk in verschiedenen Gestalten niedergeschlagen, und zwar entweder als einfache Incrustation über Pflanzenstoffen oder über Steinen oder Felsmassen, zwischen denen oder über welche er fliesst, oder selbst in der Gestalt von harten und dichten Kalksteinen, von welchen einige unter günstigen Umständen eine krystallinische Form annehmen, wie man es so häufig bei den schönen Stalactiten und Stalagmiten mancher Kalksteinhöhlen wahrnimmt. Es ist ein sehr gewöhnliches Vorkommen in Kalksteindistricten, dass Stücke von Kalksteinen, welche durch atmosphärische Einflüsse von der Felsmasse losgetrennt wurden, durch solchen kohlensauren Kalk wieder in eine feste Breccie verkittet sind. Breccien dieser Art findet man vielfach auch aus älterer Zeit unter den Kalksteinen verschiedener Formationen, so namentlich des Muschelkalks und des Uebergangskalks in Deutschland.

In den Kalkdistricten unter den Tropen, wo die Verdunstung viel rascher als in den gemässigten Klimaten vor sich geht, kann man die Ablagerung von kohlensaurem Kalk oft mit grossem Vortheil studiren. Heftige Regengüsse, die in eine üppige Vegetation fallen, deren zerstörte Theile die nöthige Kohlensäure liefern, führen die letztere mit sich zwischen die Fugen, die Klüfte und in die Höhlen des Kalksteins, kohlensaurer Kalk wird aufgenommen, und wenn die Gewässer wieder mit doppelt kohlensaurem Kalke beladen hervordringen und einer tropischen Sonnenhitze ausgesetzt werden, bilden sich in den seichten und ruhigen Theilen der Ströme Incrustationen und durch den veränderten Lauf des Wassers können selbst Bäume eingehüllt werden, wie man dies sehr schön an der nördlichen Küste von Jamaica an dem Roaringflusse sieht, dessen Wasser viel doppelt kohlensauren Kalk enthält und nach einem Wasserfall schäumend durch einen Wald fliesst, wo die unteren Theile der Bäume mit kohlensaurem Kalk eingehüllt werden und das Wasser seine Richtung verändert, wenn neue Anhäufungen es zur Veränderung seines Laufes zwingen.

An dem Fuss der Muschelkalkhügel in Würtemberg sieht man aus gleichem Grunde an vielen Orten Kalktuff oder Kalksinterbildungen in mächtigen Ablagerungen, die darum auch technisch wichtig sind, weil der kohlensaure Kalk in ihnen viel reiner ist, als in den Kalkbergen, aus denen er ursprünglich ausgelaugt wurde.

Digitized by Google

Auch hat man in geschützten seichten Buchten von tropischen Küsten, zu welchen kalkhaltiges Wasser langsam seinen Weg findet und die Lösung beim Vorwärtsfliessen durch Verdunstung stark concentrirt wird, öfters Gelegenheit, die Bildung jener kleinen, runden Kalkkörner in concentrischen Schichten, die man Rogensteine heisst, zu beobachten, wo ein leichter Wellenschlag hinreichend ist, eine Hin- und Herbewegung an dem Strande hervorzurufen, auf welchem sich der Kalk ablagert. Wenn man diese Kalkkörner zerbricht, so findet man bisweilen ein feines Sandkörnchen oder ein Muschelstückchen in ihnen, welche den Kern bilden, bei anderen scheint ein kleines Kalktheilchen selbst, ehe es mit der übrigen soliden Masse in Verbindung kam, für diesen Zweck hinreichend gewesen zu sein.

Obgleich viele Länder Beispiele von Ablagerungen von kohlensaurem Kalk aus fliessenden Gewässern darbieten, so sind doch einige Theile von Italien dafür besonders bekannt, und man braucht für solche Niederschläge den Namen Travertin. Nicht nur die Kalkniederschläge aus Gewässern von gewöhnlicher Temperatur, sondern auch solche von warmen Quellen kann man in diesem Lande beobachten, mit welchen oft andere Substanzen so vermischt sind, dass sie sehr interessante Resultate hervorbringen. Von dieser Art ist die Vermischung von Kieselerde mit den anderen Niederschlägen in den Bädern von San Filippo, wo das Wasser eine Temperatur von 50° Cels. besitzt, und Kieselerde, schwefelsauren und doppelt kohlensauren Kalk, nebst schwefelsaurer Magnesia in Auflösung enthält. Der Quellboden umher besteht aus Travertin, der von Quellen abgesetzt ist. Der Travertin hat auch in Italien noch ein besonderes Interesse, indem wir dort bisweilen alte Bauwerke finden, wie z. B. die Ueberreste der Tempel in Pästum, die aus Travertin erbaut sind, der die Reste derselben Arten von Land- und Süsswassermuscheln enthält, welche jetzt in der Nachbarschaft existiren und die auch noch in dem jetzt sich bildenden Travertin eingehüllt werden. Von grossen Ablagerungen von Kalkmasse, die sich an der Atmosphäre und nicht unter dem Wasser bilden, geben die Ebenen von Pamphilien ein sehr auffallendes Beispiel. Seit langem weiss man, dass an den Küsten von Caramanien sich Ufer finden, an denen die Gerölle durch das Durchsickern von kohlensaurem Kalk zu einem Conglomerate verbunden werden. Wir erhalten auf diese Weise nicht nur Breccien und Conglomerate auf dem Lande durch Verdunstung des mit kohlensaurem Kalk geschwängerten Wassers, ohne die Mitwirkung von Seen, sondern auch Schichten von Kalkstein, bei denen das Austreten und die Veränderung des Laufes der Bäche die nöthigen Ablagerungen bildet. Es ist sehr wünschenswerth, dass man die letztere Art von Niederschlägen genauer auf den Unterschied untersucht, der sich zwischen ihnen und den in ruhigem Wasser, wie z. B. in Seen bewirkten Niederschlägen darbietet. Es lässt sich erwarten, dass während des

Digitized by Google

allmäligen Steigens und Anschwellens der Flüsse hier und dort vermittelst ihrer Kalkniederschläge die an günstigen Orten lebenden Fluss- oder sonstigen Süsswassermollusken eingehüllt, und auch oft animalische und vegetabilische Substanzen herumgetrieben und nach anderen Orten geführt werden, wo ihr weiterer Fortschritt aufgehalten wird und dieselben unter dem später über ihnen gebildeten Kalkstein begraben werden.

Obgleich Kalkstein auf diese Weise still und unbemerkt von einem Orte zum anderen geführt werden kann, da die klarsten Wasser doppelt kohlensauren Kalk im Ueberfluss enthalten können, so werden auch andere Substanzen in ähnlicher Weise in Lösung fortgeführt, und es ist bei dem jetzigen Zustande der Geologie nothwendig, dass die Menge dieser Stoffe und die Art der gewöhnlichen Bestandtheile untersucht werden. Einiges geschieht durch jede Analyse eines Quell- und Flusswassers, von denen man die neuen in jährlicher Zusammenstellung in Liebig's und Kopp's chemischem Jahresbericht findet, und der Wunsch, gutes Wasser zum Hausgebrauch zu erhalten, hat jetzt in England und Frankreich, so wie schon lange in Deutschland, aus wissenschaftlichem und technischem Bedürfniss, bedeutende Chemiker, namentlich Bischoff, Struve und Bunsen, darauf geführt, die Gesteine, aus welchen die Quellen entspringen und die den Zufluss für die Flüsse liefern, mit der Qualität ihres Wassers zu vergleichen; aber es wäre gut, wenn die löslichen Stoffe, die auf diese Weise durch bewegtes Wasser fortgeschafft werden, noch systematischer studirt würden. Viel kann geschehen, wenn man Wasser in reine Gläser füllt, dieselben wohl verkorkt und versiegelt, und man sich zugleich den Zustand der Quellen, Bäche und Flüsse zu der Zeit in Bezug auf die Menge von Wasser in ihnen bemerkt, indem man einen Durchschnitt der Flüsse an einer bequemen Stelle nimmt, und sich eine gehörige Einsicht in die Geschwindigkeit des Wassers zur Zeit des Schöpfens verschafft, so dass man die Menge der fortgeführten löslichen Stoffe schätzen kann. Man muss sich daran erinnern, dass bei Anschwellungen nach Regen zwar in den Gesteinen aufgelöste Substanzen in grösserer Menge fortgedrängt werden können, als zu anderen Zeiten, die Masse löslicher Stoffe sich aber nicht im Verhältniss zum Wasser vermehrt, da viel Regen oder geschmolzener Schnee dann von dem Boden, ohne in die Gesteine einzudringen, abfliesst. Kochsalz (Chlornatrium) findet man in Quell- und Flusswasser häufiger als man gewöhnlich annimmt. Wenn wir die Zahl von Gesteinen in Betracht ziehen, von denen wir nach ihren organischen Stoffen annehmen müssen, dass sie unter dem Meere gebildet wurden, und die einst Ablagerungen von Schlamm, Sand und Grus waren, und jetzt in die Atmosphäre erhoben sind, so dass das Regenwasser dieselben durchdringen kann, so dürfen wir uns nicht über die Gegenwart von Kochsalz wundern, da man erwarten muss, dass dieses und andere Salze, die im Meerwasser sich in Auflösung be-

Digitized by Google

finden, jetzt wie früher zwischen den im Meere gebildeten mechanischen Ablagerungen zerstreut sind.

Wir haben in neuerer Zeit eine Menge von Untersuchungen des Meerwassers erhalten, der älteren von Marcet u. s. w. nicht zu gedenken. Einige von den Untersuchungen von Bibra (Ann. d. Chem. u. Pharm. LXXVII. 90.) mögen hier Platz finden, da sie Wasser von sehr verschiedenen Stellen des Oceans betreffen. Neben den angegebenen Substanzen enthält das Meerwasser noch kleine Spuren von Fluor, Phosphorsäure, Jod, Mangan, Ammoniak, Baryt, Strontian, Eisen und Kieselerde, die zum Theil von diesem, zum Theil von anderen berühmten Forschern nachgewiesen wurden. *A* ist Wasser aus dem Hafen von Callao, *B* aus dem stillen Meere, in 25° 11′ s. Br., 93° 24′ w. L. von Greenwich, aus einer Tiefe von etwa 420 Fuss; *C* aus dem atlantischen Ocean in 23° 15′ s. Br., 29° 27′ w. L.; *D* aus der Nordsee 51° 9′ n. Br., 3° 8′ ö. L. In 100 Theilen Wasser wurden gefunden:

	A	*B*	*C*	*D*
Specifisches Gewicht	?	1,0264	1,0244	1,0264
Chlornatrium . . .	2,4825	2,5885	2,7558	2,5513
Bromnatrium . . .	0,0402	0,0307	0,0326	0,0373
Schwefelsaures Kali	0,1409	0,1418	0,1715	0,1529
Schwefelsaurer Kalk	0,1488	0,1622	0,2046	0,1622
Schwefels. Magnesia	0,0947	0,1117	0,0614	0,0706
Chlormagnesium . .	0,3681	0,4884	0,0326	0,4641
Summe der festen Bestandtheile . .	3,2752	3,5233	3,2585	3,4383.

Marcet erhielt folgende Resultate bezüglich der specifischen Schwere des Wassers:

Arctischer Ocean . . .	1,02664
Nördliche Hemisphäre .	1,02829
Aequator	1,02777
Südliche Hemisphäre .	1,02882
Gelbes Meer	1,02291
Mittelländisches Meer .	1,0293
Meer von Marmora . .	1,01915
Schwarzes Meer . . .	1,01418
Weisses Meer	1,01901
Baltisches Meer . . .	1,01523
Eismeer	1,00057
See Urmia	1,16507.

Er schloss aus seinen Untersuchungen: 1) dass der südliche Ocean mehr Salz als der nördliche im Verhältniss von 1,02919 : 1,02757 enthält. 2) Dass das mittlere specifische Gewicht des Seewassers nahe am Aequator 1,02777 ist, was in der Mitte zwischen dem der nördlichen

Digitized by Google

und südlichen Hemisphäre liegt. 3) Dass kein merklicher Unterschied des Seewassers unter verschiedenen Meridianen existirt. 4) Dass kein genügender Beweis vorliegt, dass das Meer in grossen Tiefen salziger als an der Oberfläche ist. 5) Dass das Meer im Allgemeinen mehr Salz enthält, wo es am tiefsten und am weitesten vom Lande entfernt ist, und dass sein Salzgehalt in der Nachbarschaft grosser Eismassen immer vermindert ist. 6) Dass kleine, wenn auch mit dem Ocean in Verbindung stehende Binnenmeere immer weniger salzig sind, als der erstere. 7) Dass das Mittelländische Meer eine etwas grössere Menge Salz enthält, als der Ocean.

Der Salzgehalt des Meeres, vorzüglich der an der Oberfläche, hängt sehr davon ab, ob fast ewiges Eis oder grosse und zahlreiche Flüsse in der Nähe sind. Das Baltische, Weisse, Schwarze und Gelbe Meer sind weniger salzig, als der Ocean, weil sie mit verhältnissmässig grossen Mengen süssen Wassers gespeist werden. Wegen der geringen Menge von Salz in dem Azowschen und Schwarzen Meere enthalten die Buchten des letzteren oft Eis, und das Azowsche Meer ist häufig vier Monate lang jährlich gefroren. Der höhere Salzgehalt des Mittelländischen Meeres, obgleich es ein Binnenmeer ist, hängt davon ab, dass die Verdunstung seiner Oberfläche mehr beträgt, als das einströmende Wasser, oder, im Fall sein Salzgehalt nicht immer noch zunimmt, von früheren Unterschieden in dieser Beziehung, welche der jetzige Zufluss von süssem Wasser nicht mehr zu ändern vermag. Zwei grosse Strömungen, die eine von dem Schwarzen, die andere von dem Atlantischen Meere, von denen die eine süsser, die andere salziger ist, als das Wasser des Mittelmeeres selbst, setzen in dasselbe ein.

Kieselerde ist in vielen, ja den meisten Wassern in Lösung enthalten, findet sich aber hauptsächlich in warmen Quellen. Die Geiser von Island sind seit Langem wegen ihrer Ablagerungen von Kieseltuff und Kieselsinter berühmt, die das Innere der nördlichen Insel von Neuseeland durchziehenden Kieselthermen sind aber durch die Mächtigkeit der Ablagerungen, den grossen Raum, welchen sie einnehmen und die Mannigfaltigkeit der Formen, welche die Ablagerungen haben, z. B. der von Treppen an den Seiten der Hügel, über welche heisse Cascaden fliessen, ferner durch schöne schwammförmige Bildungen aus Kieselerde, welche durch capillare Attraction und Verdunstung des Wassers entstehen, fast noch bedeutungsvoller, obgleich Geiser von solcher Höhe wie die isländischen dort nicht vorkommen. Das Wasser des grossen Geisers in Island mit einem specifischen Gewicht von 1,001 (*A*) und das von der Quelle von Hvregarden (*B*) enthalten nach Damour's neuester Analyse in 1000 Theilen Wasser

	A	*B*
Schwefelsaures Kali .	0,0180	—
„ Natron .	0,1343	—

Digitized by Google

	A	*B*
Schwefelsaure Magnesia	0,0091	—
Chlornatrium	0,2638	—
Chlor	—	0,1732
Natron	0,1227	0,3188
Kieselerde	0,5190	0,3240
Schwefel	0,0036	0,0091
Schwefelsäure . . .	—	unbestimmt
Kohlensäure	0,1520	unbestimmt

Auch die Quellen in den vulkanischen Districten von Fumas auf St. Michael in den Azoren sind wegen ihrer Kieselerdeablagerungen berühmt. Alle diese Quellen bilden Incrustationen über Pflanzenresten, und in ihrer Nähe finden sich oft dieselben Breccien aus zertrümmerten und wieder verkitteten Kieselerdemassen, wie die von Kalksteinen erwähnten. Sehr merkwürdig durch ihren reichen Gehalt an Kieselerde sind auch die von Turner analysirten heissen Quellen von Pinnarkun und Lurgutha in Indien, die in einem nicht vulkanischen Lande liegen und in vier Maass Wasser vier und zwanzig Gran fester Stoffe enthalten, welche folgende Zusammensetzung haben:

Kieselerde	Chlornatr.	Schwefels. Natron	Kohlens. Natron	Reines Natron	Wasser
21,5	19,0	19,0	19,0	5,0	16,5

Kieselerde hat einen solchen Antheil an dem Festwerden der Gesteine gehabt, dass man immer, wo sich Gelegenheit findet, die Wirkungen kieselerdehaltiger Wasser beobachten muss. Ueberall, wo feldspathige oder hornblendeartige Mineralien verwittern, muss sich dieser Stoff in der Gebirgsfeuchtigkeit und in Quellen finden, und zwar beim Freiwerden in einer auflöslichen Form als gelatinöse Kieselerde, die erst durch Austrocknen unlöslich wird. Die Bildung von Gängen, in denen die Kieselerde oft die Gangmasse bildet, die Agglutination kleiner Theilchen von Schlamm, Thon oder Sand, die Versteinerungen organischer Körper durch Kieselerde, die Existenz vieler Pflanzen und Thiere, namentlich unter den ersteren die früher als Thiere betrachteten Algen, die sogenannten Kieselinfusorien und die Schwämme, aber auch die Schachtelhalme und Gräser, ferner auch die Thiere auf mittelbarem Wege durch ihre pflanzliche Nahrung, z. B. die Vögel unter den höheren Thieren zur Bildung ihrer Federn, verlangen Kieselerde in auflöslicher Form, und es ist von grossem Interesse, dieselbe in ihrem verschiedenartigen Vorkommen in der Natur durch alle Phasen zu verfolgen und zugleich nachzuweisen, wie durch die chemischen Processe der Verwitterung eine fortwährende innige Verbindung der unorganischen Natur mit dem organischen Leben unterhalten wird, und Wirkungen noch fort-

Digitized by Google

dauern, die in allen geologischen Epochen vorhanden gewesen sein müssen.

Quellen zeigen sich hauptsächlich unter zwei Formen. Einmal können sich Reihen von Quellen bilden, wo poröse das Wasser durchlassende Gesteine in solcher Weise mit anderen weniger durchlassenden verbunden sind, dass durch die ersteren leicht Wasser durchsickert und an den letzteren an den Abhängen von Hügeln oder anderen geeigneten Stellen wieder ausfliesst, und dann aus Spalten und Verwerfungen von Gesteinen in der Erdrinde, welche zu Kanälen werden, in denen das Wasser seitwärts einen Abzug findet, oder von unten empor steigt. Die folgende Figur soll den Durchschnitt einer Gegend bezeichnen, die aus verschiedenen Gesteinsablagerungen besteht. *a a* ist ein poröser Kalkstein, der auf Thon *b b b* liegt, welcher seinerseits hauptsächlich aus Quarzkörnern bestehenden Sand *c c c* bedeckt, der wiederum auf Thon *d* liegt.

Fig. 10.

Hier sind alle Bedingungen für eine Quellenbildung der ersten Klasse gegeben. Der Regen, welcher auf *a a* fällt, dringt durch, löst Kalk vermittelst der Kohlensäure auf, die in dem Regenwasser oder in dem Humus und dem Boden enthalten ist, und da er nicht leicht durch den darunter liegenden Thon *b b b* dringen kann, so fliesst das Wasser als Quellwasser an der Verbindungslinie der beiden Gesteinsmassen aus. Dieses Wasser enthält wahrscheinlich viel doppelt kohlensauren Kalk. Der darunter liegende Thon kann etwas Wasser in dem Thale *V* liefern, indem eine kleine Menge Regen ihren Weg zwischen die bereits feuchten Thontheilchen findet, so dass ein geringer Ueberschuss unter günstigen Bedingungen aussickert. Wir wollen annehmen, dass solches Quellwasser Eisen enthält, welches von der Zersetzung von Schwefelkiesen herrührt, nebst Gyps, indem man diese beiden Mineralien oft in solchen Thonen findet. Darunter, in den beiden Hügeln auf der linken Seite des Durchschnitts, findet der Regen nicht leicht seinen Weg von oben bis zu *c c*, obgleich seitlich diese Schicht blossgelegt sein kann, wie es auf der rechten Seite der Figur der Fall ist. Wir nahmen an, dass diese Schicht hauptsächlich aus Quarzkörnern besteht und auf einer verhältnissmässig undurchdringlichen Thonschicht *d* liegt. Quellen finden dann ihren Weg aus dieser Schicht in das Thal *V* und wir können erwarten, dass die in ihnen enthaltenen Mineralbestandtheile nicht dieselben sind, wenigstens nicht in solcher Menge vorkommen, wie von den Schichten *a* und *b*.

Ein Bach, der in dem Thale *V* fliesst, sammelt deshalb Wasser,

Digitized by Google

das verschieden mit den Substanzen beladen ist, welche der Regen auf seinem Wege durch die Gesteine in Auflösung mit sich geführt, und obgleich das Wasser eines solchen Bachs uns eine Art von durchschnittlichem Verhältniss aller der in Auflösung den verschiedenen Felsmassen entzogenen Theile giebt, so zeigt es doch nicht die von irgend einer Gesteinsart allein entnommenen, und diese letzteren müssen deshalb da untersucht werden, wo die Quellen aus einer jeden Schicht ausfliessen. Die Bäche enthalten ausserdem noch das Wasser, welches während der Regengüsse über die Oberfläche fliesst und, abgesehen von den mechanisch getragenen Stoffen, noch diejenigen enthält, welche in Auflösung fortgeführt werden können, und die keine Bestandtheile der festen Gesteine bildeten, in deren Nähe oder über welche sie auf ihrem Laufe flossen, indem solche Stoffe gewöhnlich unmittelbar von thierischen oder vegetabilischen Substanzen herrühren.

Man wird sich leicht vorstellen können, dass diese einfache Art des Vorkommens unähnlicher Felsarten, wodurch Wasser mit verschiedenen aufgelösten Substanzen geliefert wird, sich mannigfaltig modificiren muss, so dass man bei dem Studium der den Gesteinen entzogenen Bestandtheile sorgfältig seine Untersuchungen darauf richten wird, bei Quellen dieser Art dieselben immer mit der Art der Gesteine zu verknüpfen, welche vom Regenwasser durchdrungen worden.

Die Klüfte, Fugen und Spaltungsrichtungen in verschiedenen Gesteinen compliciren den Gegenstand in einigen Districten, und in anderen kommen so gebogene und zerknickte Schichten vor, dass lange Mulden und unregelmässig gebildete Becken mit Wasser zwischen den Schichten und Felsmassen gehalten werden, die für das Wasser durchdringbar sind, während an anderen Orten domförmige Massen das Wasser nach allen Seiten abfliessen lassen. Wo Becken und Mulden vorkommen, kann das während den trockenen Jahreszeiten zurückbleibende Wasser mancherlei Lösungen bewirken, welche während der nassen Jahreszeit durch Quellen fortgeführt werden, die nur in dieser Zeit von Wichtigkeit sind.

Quellen der zweiten Klasse sind gewöhnlich viel beständiger in Bezug auf die Menge und Zusammensetzung des von ihnen gelieferten Wassers, und wenn sie durch verschiedene Schichten auf ihrem Laufe dringen, die ihnen Lösungen verschiedener Substanzen liefern, so verhalten sie sich, in Bezug auf die letzteren, wie die eben erwähnten Bäche. Wir lernen deshalb von ihnen nicht die Art der Bestandtheile, welche einer bestimmten Gesteinsmasse aus diesem Grunde entzogen werden, obgleich sie bezüglich der durch die Spalten heraufgebrachten Lösungen lehrreich sind. In dem folgenden Durchschnitte, Fig. 11, soll *f* eine Verwerfung sein, die verschiedene ungleiche Schichten durchsetzt, so dass die Schicht *a* gesunken ist und wir auf der anderen Seite der Verwerfung andere und höhere Schichten, *gh* und *i*, fin-

Digitized by Google

den, die dasselbe Niveau einnehmen wie *abcde*. In einem solchen Falle werden die verschiedenen Wasser, die durch die letzteren durch-

Fig. 11.

sickern, ihren Weg in die Verwerfung mit denen von *g* auf der entgegengesetzten Seite nehmen, und die von all diesen Schichten herrührenden Lösungen werden in dem Wasser der Verwerfungsspalte sich mischen und nach den Umständen bei *f* in grösserer oder geringerer Menge ausfliessen. Wir haben hier bloss die Lösungen betrachtet, welche von dem Wasser herrühren, das durch die oberen Schichten durchsickert; aber da wir bei den meisten Verwerfungen kein Mittel zur Beurtheilung der Tiefe, bis zu welcher die Verwerfung geht, besitzen, so können wir uns keine richtige Vorstellung über die Gesteinsarten bilden, welche von ihr durchsetzt werden.

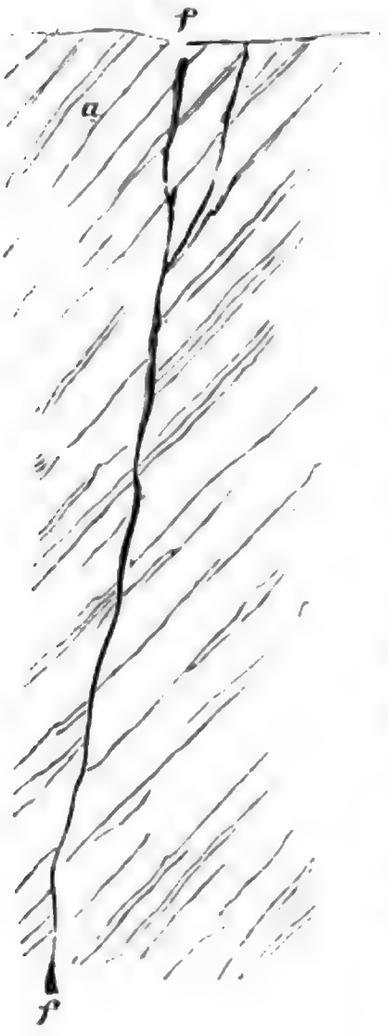
Warme, in nicht vulkanischen Ländern vorkommende Quellen sind entweder unmittelbar auf solche Verwerfungsspalten zu beziehen, oder man hat wenigstens gegründete Ursache zur Annahme, dass solche Spalten bloss von Schichten bedeckt sind, durch welche ein hinreichender Weg für die Entleerung des Wassers gefunden wurde, welches durch Verwerfungsspalten unter ihnen aufsteigt. Die Quellen des Taunus gehören in diese Kategorie, indem sie auf Spalten in dem Uebergangsgebirge auftreten und durch jüngere Anschwemmungen zu Tage kommen. Auch die Quellen von Bath in England gehören wahrscheinlich hierher, indem das erhitzte Wasser durch irgend eine von den vielen Dislocationen oder Verwerfungen aufsteigt, welche die älteren Formationen des Districtes, wie die jüngere Grauwacke, den Kohlenkalk und die Kohlenflötze durchsetzen, und welche ungleichförmig von dem bunten Sandsteine und dem Lias bedeckt sind, wie man denn weiss, dass dies die letzteren Formationen in jenem Lande oft thun. Das Wasser findet durch Risse oder Kanäle in den aufliegenden Schichten seinen Weg.

Wenn man die Wärme von solchen durch Verwerfungen aufsteigenden warmen Quellen mit der Zunahme der Temperatur der Erdrinde nach dem Innern in Verbindung bringt, wie sich eine solche bei dem Bohren artesischer Quellen oder aus der Beobachtung in Bergwerken ergeben hat, so würde die Temperatur solcher Quellen immer beträchtlich sein, wenn dieselbe nicht durch die Verhältnisse, unter welchen sie nach oben geführt werden und sich ergiessen, modificirt würde. *ff* *Fig. 12* (s. f. S.) soll eine Spalte darstellen, welche verschiedene Gesteinsmassen bis zu einer Tiefe durchsetzt, bei welcher das Wasser eine Siedetemperatur annimmt. Dasselbe könnte bei einer solchen Tempe-

Digitized by Google

ratur nur ausfliessen, wenn die Geschwindigkeit des Ausfliessens so beträchtlich und die Wassermenge so gross wäre, dass die Abkühlung in den Gesteinen, durch welche es geht, keinen Einfluss ausüben könnte. Nach der Oberfläche hin werden diese Gesteine die Temperatur der unteren Schichten der Atmosphäre des Ortes annehmen, in welchem sie gelegen sind, eine Temperatur, welche nahe an der Oberfläche veränderlich ist, während in einer gewissen Tiefe, je nach der Breite und anderen localen Verhältnissen, welche auf die Oberflächen-Temperatur wirken, eine constante Temperatur herrscht, die von den klimatischen Veränderungen der unteren Schichten der Atmosphäre nicht mehr berührt wird. In der gemässigten Zone verschwinden die jährlichen Temperaturveränderungen schon bei 60 — 80 Fuss Tiefe; in dieser Tiefe hören also alle Temperaturschwankungen vollständig auf, nach dem Aequator hin aber schon in einer viel geringeren Tiefe. Eigentlich sind die jährlichen Temperaturveränderungen in unserer Zone schon in einer Tiefe von 36 Fuss höchst unbeträchtlich, indem sie, nach den Beobachtungen von G. Bischoff in Bonn, in dieser Tiefe nur 0,81 Cels. betragen.

Fig. 12.



Zwischen dieser bestimmten Stelle, die wir beispielsweise in Fig. 12 bei *a* annehmen wollen, und der Stelle, wo eine sehr hohe Temperatur vorhanden sein kann, wie 100° Cels., dem Siedepunkt des Wassers unter einem Atmosphärendruck von ungefähr 30 Zoll Quecksilber an der Erdoberfläche, wird das Wasser in der Spalte oder in der Verwerfung dazwischenliegende Temperaturgrade besitzen. Vorausgesetzt, dass dasselbe einen leichten Ausfluss nach oben hat, könnte Wasser durch die benachbarten Felsmassen durchsickern und in die Hauptspalte bei einer Tiefe eindringen, die nicht weit unter der der niedrigsten constanten Temperatur ist und auf diese Weise die Abkühlung des ausfliessenden Wassers unterstützen, unabhängig von der Abnahme der Temperatur, die von der in den Gesteinen selbst hervorgebracht wird. Unter den angenommenen Umständen würden die Seiten der Spalte ohne Zweifel in einer gegebenen Tiefe über jene Temperatur erhitzt werden, welche sie besitzen würden, wenn die erhitzten Wasser nicht durch sie emporstiegen, aber da der Ausfluss des Wassers im Ganzen constant ist und andere Verhältnisse dieselben bleiben, so wird eine endliche Ausgleichung in der angenommenen Art stattfinden. Dies

Digitized by Google

würde ein Zustand der Dinge sein, wobei viele Substanzen in Auflösung in die Hauptspalte kommen könnten, welche bei der ersten Art von Quellen entweder gar nicht oder wenigstens nicht so leicht und so häufig sich finden. Es lässt sich erwarten, dass die grössere Wärme der Felsmassen nach der Tiefe zu und der Durchgang von Wasser von hoher Temperatur durch dieselben der Aufnahme von Kieselerde günstig ist, wobei oft vielleicht nur auf geringe Entfernungen eine Art von Gestein durch die Aufnahme derselben und ein anderes durch ihren Verlust modificirt wird. So viel Kieselerde aufgelöst wird, so viel wird von ihnen entfernt, um anderswo bei den jetzt auf der Oberfläche vorgehenden Veränderungen verwandt zu werden, immer unter der Voraussetzung, dass die von den Spalten durchsetzten Felsmassen die Stoffe lieferten, welche die durch sie nach oben fliessenden Quellen in Auflösung hielten. Diese Annahme wird eine Modification erleiden müssen, wenn wir beachten, dass einige Substanzen in die Spalten geführt werden können, welche nicht vorher Theile fester Gesteine bildeten. In jedem Falle fliessen die in diesen Quellenröhren enthaltenen Lösungen aus der Mündung der Spalten ab, oder mischen sich mit den atmosphärischen oder irgend welchen benachbarten Wassern, und die aufgelösten Stoffe können anderwärts je nach den Umständen zur Bildung fester Massen verwandt werden oder zu den Lösungen in Seen und Meeren hinzukommen. — Dass die Wasser in Thermalquellen nichts weiter als atmosphärische Wasser sind, welche auf die Oberfläche fielen und in die Tiefe drangen, hat Bunsen durch genaue Versuche der Luft in den isländischen Quellen dargethan, in welchen das Verhältniss des Stickstoffs immer dasselbe ist, wie in den atmosphärischen Wassern.

Tiefe Bergwerke bieten Gelegenheit zur Beobachtung der Geschwindigkeit, mit welcher Regenwasser durch die Masse oder durch Spalten von Gesteinen nach unten dringt, und Analysen dieses Wassers geben die Substanzen, welche sie während dieses Laufs in Auflösung aufgenommen haben. Da bei Erzgängen die Grubenwasser in einigen Bergwerken oft aus einer Tiefe von 1800 oder 2000 Fuss ausgepumpt werden, so haben wir hier ohne Zweifel atmosphärische Wasser, die tiefer hinabsteigen, als sie sonst in derselben Zeit gethan haben würden, da dann das Hinderniss für ihren Fortschritt, das durch in den benachbarten Gesteinen oder in der Spalte enthaltenes Wasser gegeben ist, aufhört; aber die Kenntniss der Kraft, mit welcher die atmosphärischen Wasser in einer beobachteten Zeit in die Tiefe dringen und der Art der Lösungen, welche sie in dieser Zeit bewirken, ist doch von Werth.

Bei solchen Untersuchungen muss man verschiedene andere örtliche Verhältnisse nicht ausser Acht lassen, wie die verhältnissmässige Leichtigkeit, mit welcher die Wasser vermittelst einer nicht in Arbeit stehenden Fortsetzung der Erzgänge in die Tiefe geführt werden können, welche mit den Arbeiten in den Bergwerken eine leichte Wassercom-

Digitized by Google

munication hat, ferner die Abwesenheit oder Häufigkeit grosser Klüfte oder anderer Spalten in den benachbarten Gesteinen, die Möglichkeit, dass ein Bach oder Fluss bei Ueberschwemmung nach Regengüssen über Spalten oder Klüfte fliesst, die mit dem Hauptgang communiciren, und Aehnliches mehr.

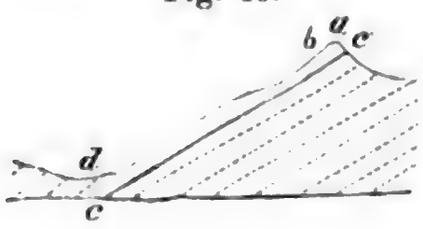
In einigen Steinkohlendistricten sind die Thonschichten, auf welchen die Kohlenflötze aufliegen, oder welche mit ihnen abwechseln, oft für Wasser so undurchdringlich, dass, wo Verwerfungen oder Spalten in den Schichten selten sind, die Bergwerke wenig vom Wasser zu leiden haben. Diese Undurchdringlichkeit für Wasser, das Wort in allgemeiner Bedeutung genommen, sieht man besonders in jenen Steinkohlendistricten, wo die Schichten eine schwache Neigung haben, wie in Süd-Wales und in Monmouthshire, und wo sie von Bergthälern durchschnitten sind, erscheinen Quellen der zuerst beschriebenen Klasse in Reihen, die die Kohlenflötze bezeichnen, indem das durch sie hindurchsickernde Wasser nach unten von den Thonschichten aufgehalten wird. Ein System von Ablagerungen, in welchem diese Schichten und andere von dichtem Schieferthon vorkommen, bietet dem leichten Duchdringen des Wassers nach unten Schwierigkeiten dar. Zu gleicher Zeit zeigt eine oberflächliche Beobachtung bald, dass das Wasser zwar in einer nicht hinreichend schnellen Weise in den Steinkohlengruben seinen Weg nach unten findet, um von Belang zu sein, dass es aber demungeachtet daselbst zwischen den Theilen und den Klüften der Masse verbreitet ist. Als Mittel, chemische Veränderungen und Modificationen in den Gesteinen hervorzurufen, verdient das in ihnen verbreitete Wasser alle Aufmerksamkeit, und man kann sich oft durch einen einfachen Versuch überzeugen, dass selbst die dichtesten aus grosser Tiefe entnommenen Gesteine eine grosse Menge Feuchtigkeit enthalten, wenn man ein losgeschlagenes Stück wiegt und dann in einem Sandbad trocknet und abermals wiegt.

Die Quellen der ersten Klasse, welche an den Seiten von Hügeln und Bergen und an dem Meeresufer ausfliessen, bringen häufig sogenannte Bergstürze hervor, indem das Eindringen von Wasser in bestimmten Ebenen oder Richtungen die Gesteine so erweicht oder chemisch entfernt, dass eine aufliegende Masse nicht mehr durch seitliche Cohäsion gehalten wird und in die Thäler oder nach dem Meere herabgleitet, dadurch eine Zertrümmerung des Festen hervorruft und es unter Verhältnisse bringt, unter denen es leichter von Flüssen und durch das Meer entfernt werden kann. Kleinere Bergstürze sind sehr häufig und kommen besonders in der englischen Juraformation vor, wo die Zwischenchichten von Thon in die Thäler gleiten und die festeren aufliegenden Schichten mit sich fortreissen. In den Kohlendistricten von Süd-Wales finden sich viele Beispiele in einem grösseren Maassstab und in vielen Berggegenden sind sie sehr häufig.

Digitized by Google

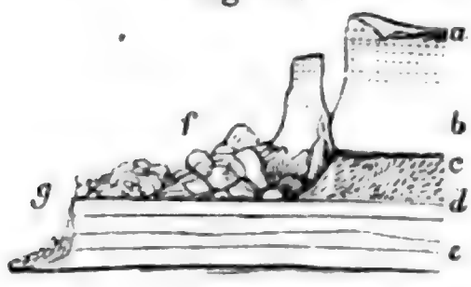
Der Bergsturz des Rossbergs oder Ruffibergs, am zweiten September 1806, lieferte ein denkwürdiges Beispiel von der durch das Eindringen von Wasser durch geschichtete Gesteine herbeigeführten Zerstörung, wobei die Cohäsion aufgehoben wurde und eine grosse Masse auf der geneigten Ebene der unterliegenden Gesteine herabglitt. Der folgende Durchschnitt wird diesen Bergsturz und einige andere derselben Art erläutern. Wenn in einem Berge *a* Wasser durch die porösen Schichten *b* auf die Schichten *cc* dringt, so wird die Oberfläche der letzteren schlüpfrig, und da die Cohäsion nicht hinreicht, die Wirkung der Schwere zu hemmen, und in dem Thal keine hinreichende Unterlage gegeben ist, so gleitet die Masse in das Thal *d*. Beim Rossberg, der 5196 Fuss über dem Meere liegt, bestanden die oberen Schichten aus Conglomeraten, die auf einer durch eingedrungenes Wasser theilweise entfernten, und etwa 45° aufgerichteten, Masse lagen, wodurch ein Sturz der oberen Schichten stattfand, und ein schönes Thal mit Gesteinen und Schlamm bedeckt wurde.

Fig. 13.



Die Unterklippen zwischen Lyme Regis und Axmouth so wie die hinter der Insel Wight, erläutern die Zerstörung von Klippen durch Quellen. Der folgende Durchschnitt zeigt die Verhältnisse, unter welchen die Unterklippen in Pinhay, bei Lyme Regis hervorgebracht worden. *a* ist Sand, *b* Kreide, *c* oberer Grünsand, poröse Substanzen, durch welche Regenwasser auf die Schicht *d* dringt, welche aus den unteren Theilen der Grünsand-Schichten *c* und den oberen Theilen der Liasschicht *e* bestehen, indem die oberen Grünsandschichten über die dazwischen liegenden Schichten übergreifen, die in dem südöstlichen England bemerkbar sind und hier auf dem Lias ruhen. Das in seinem Fortschritt nach unten aufgehaltene Wasser entrinnt, wo es den geringsten Widerstand findet, hier an der Steilseite einer Klippe, die ursprünglich durch die Wirkung des Meeres auf die Küste gebildet wurde. Der Thon wird allmälig entfernt, der aufliegende Grünsand, Kreide und Sand verlieren ihren Stützpunkt, geben nach und fallen nach dem Meer. Der Lias *e* wird durch die Wirkung der Brandung nicht so schnell von der Klippe *g* entfernt, wie die Gesteinsmassen oberhalb durch die Wirkung der Landquellen, deshalb springt die obere Klippe zurück, und hinterlässt eine Masse von Trümmern bei *f*, die durch einander gemengt sind, und beständig nach dem Meere zu vorwärts bewegt werden, sowohl durch die Zerstörung der Liasklippen *g*, durch die Brandung, und

Fig. 14.



Digitized by Google

indem das Wasser durch die Masse dringt und seine Basis auflockert, so dass sie sich allmälig nach dem Ufer hin bewegt. Die Kreide- und Grünsand-Trümmer sind oft hinreichend gross und hart, und schützen durch ihr Ueberstürzen die Liasklippe, so dass hier der Beobachter einen sehr verwirrten aber instructiven Küstendurchschnitt vor Augen hat.

Das nicht von den Gesteinen absorbirte Regenwasser wirkt mechanisch auf die Oberfläche des Landes, und bewegt solche zerstörten Gesteinstheile auf ein niedrigeres Niveau, die es nach seinem Volumen und seiner Geschwindigkeit entfernen kann. Die gemischten Wirkungen der Zersetzung aus atmosphärischen Ursachen und der Benetzung der Oberfläche auf Hügelabhängen sieht man oft gut in Schiefergebieten, indem man in einer gewissen Tiefe unter dem Boden die Umbiegung der Ränder der Schiefer gegen das Thal wahrnimmt, gleichsam die Tendenz der feuchten Masse der Oberfläche, durch ihre Schwere nach niederen Stellen zu gleiten.

Die folgende Figur erläutert diese Thatsache, die von bedeutender Wichtigkeit ist, da man leicht in Versuchung geführt wird, eine falsche Neigung der Schichten anzunehmen, wenn nur ein kleiner Theil des Durchschnitts an der Seite eines Hügels entblösst ist. In dieser Figur ist die wahre Neigung der Schichten gerade die entgegengesetzte von der, welche man bei einem flüchtigen Blick auf die Oberfläche vermuthen sollte. Obgleich allerdings der Unterschied zwischen diesem Herabgleiten der Oberfläche nach einem niedrigeren Niveau und die wahre Neigung so bedeutend ist, dass kein Irrthum entstehen kann, so kommen doch Fälle vor, wo diese Wirkungen sich bis zu einer bedeutenden Tiefe erstrecken und zur Vorsicht rathen.

Fig. 15.

An dem Abhange eines Hügels und unter den Bächen, Aushöhlungen und kleinen Flächen, die man dort bisweilen findet, hat man gute Gelegenheit zum Studium der Kraft des Wassers zur mechanischen Fortführung zersetzter unter seinen Einfluss kommender Theile des Gesteins. Man sieht leicht, dass die Entfernung dieser Theile nicht nur von ihrer specifischen Schwere, sondern auch von ihrer Form abhängt, und dass dieselbe auf zweierlei Weise geschieht. In dem einen Falle werden sie von dem Wasser mechanisch getragen, in dem anderen werden sie unter Reibung an dem Boden vorwärts geführt. Kleine Löcher zeigen bisweilen die Art, wie die so mechanisch getragene oder vorwärts gedrängte Masse zur Ruhe kommt und erläutern die Art und Weise, wie Anhäufungen in einem grossen Maassstab bewirkt werden können und wirklich bewirkt werden.

Digitized by Google

Wenn man sich in einen Granitdistrict versetzt, wo eine bedeutende Zersetzung des Feldspaths vor sich geht, so findet man bald, dass während die feinen zersetzten Reste des Feldspaths sich leicht mit dem Wasser eines heftigen Regengusses mischen, dagegen die Quarz- und Glimmertheilchen gewöhnlich längs des Bodens hingeschleppt werden, ausgenommen da, wo die Neigung beträchtlich ist und das Wasser hinreichende Geschwindigkeit hat, um sie mechanisch fortzutragen. Während das Volumen der Quarztheilchen grösser sein kann, so sind sie dagegen öfter runder und werden leichter längs des Bodens fortgedrängt, als die Glimmerblättchen, die auch eine grössere specifische Schwere besitzen (Quarz 2,6, Glimmer 2,8—3,1). Das milchig aussehende Wasser, welches den zersetzten Feldspath enthält, wird vorwärts getragen, kleine Ablagerungen finden Statt, wo eine Ausdehnung des Bachbetts ein verhältnissmässig ruhiges Wasser zulässt, bis eine hinreichende Ruhe für die allgemeine Ablagerung gefunden wird, während der Quarz oder Glimmer in kleinen Rücken zerstreut oder in Löcher geworfen wird, und dort bleibt, wenn die Kraft des Stromes es zulässt.

Wenn man beobachtet, wie Sand durch einen Bach in eine kleine Lache von stehendem Wasser gebracht wird, wo der Sand nicht weiter vorwärts getrieben wird, und sich folglich absetzt, so kann man oft sich unterrichten, wie Schutt und Sediment durch Flüsse in ruhigeres oder doch verhältnissmässig ruhiges Wasser getrieben wird. Man sieht dann, dass kleine deltaförmige Sandhaufen sich ablagern, wo der Bach in die Lache tritt, auf deren fächerförmiger Oberfläche die Kanäle, durch welche das fliessende Wasser die Sandkörner vorwärts bewegt, sich beständig verändern. *a* soll in der folgenden Figur 16 eine Lache von ruhigem Wasser darstellen, in welche ein Bach *b* Sand treibt. Man findet hier, dass dieser Sand sich bei *c* anhäuft, und in der Weise in die Lache *a* fällt, dass ein stumpfer Sandhaufen hervorgebracht wird, welcher oberflächlich zunimmt, wie man bei den concentrischen Linien *c* sieht. Wenn man jetzt untersucht, in welcher Weise sich die Sandkörner in vertikaler Richtung angehäuft haben, so findet man, dass sie die Anordnung haben, wie in dem folgenden Durchschnitt Fig. 17, in welchem *a* die Oberfläche der Lache, *d* ihren Grund, *b* die Neigung des die Sandkörner vorwärts bewegenden Baches und *c* Schich-

Fig. 16.

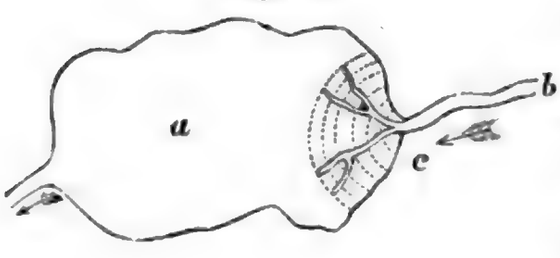
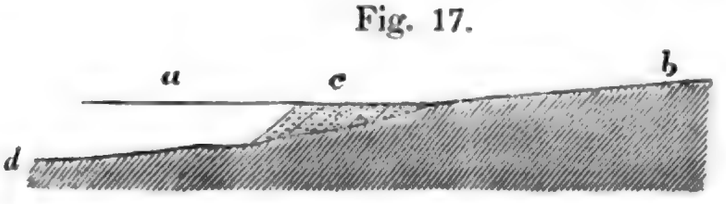


Fig. 17.



Digitized by Google

ten von Sand bezeichnen, die aus Körnern gebildet sind, die in ruhiges Wasser fallen, und sich in derselben Weise stützen, wie in einem Schutthaufen, von dessen Spitze der Schutt beständig übergeworfen wird. Wenn man die kleinen Wasserströmchen, welche an vielen sandigen Küsten ablaufen, von ihrem Lauf ablenkt, so kann man sehr schätzbare Belehrung über die Art und Weise erhalten, in welcher Sandkörner vorwärts getrieben werden, und sich durch die Triebkraft des fliessenden Wassers anordnen. Wenn sie in tiefere Lachen in den Sand gebracht werden, so sind die gebildeten Deltas sehr instructiv, und in solchen Fällen findet man den Winkel, unter welchem die Schichten oder Decken des Sandes sich über einander häufen, gewöhnlich zwischen 28^0 — 30^0.

Hat man einmal in kleinem Maassstab die Art beobachtet, wie zersetzte Gesteinstheilchen, und die durch die Friction der Strömchen losgetrennten durch fliessendes Wasser fortbewegt werden, so wird man leichter die Fortführung und Ablagerung von Sediment im Lauf der Flüsse mit oder ohne das Dazwischentreten von Seen und seine Entfernung in ein niedrigeres Niveau und in das Meer würdigen können. Die Art, in welcher dasselbe entweder in mechanischer Suspension getragen oder bloss längs des Flussgrundes hingeschoben wird, ist im Princip ganz dieselbe, wie in den kleinen Strömchen, obgleich die Wirkungen wegen ihrer Grösse in dem einen Falle auffallender sind, als in dem anderen. Grosse Massen können vorwärts bewegt werden, weil die Wassermasse grösser ist und zu der Fortschaffung solcher hinreicht, die die kleineren Ströme nicht bewältigen können, aber die Ursache der Fortbewegung ist dieselbe.

Die folgende Tabelle über die specifische Schwere einiger Felsarten kann von Nutzen sein, wenn man ihre Fähigkeit, in Trümmern oder Geröllen durch fliessendes Wasser bei gleicher Geschwindigkeit und gleichem Volumen des Wassers, nebst gleichem Volumen und Gestalt der Trümmer selbst fortgeschafft zu werden, vergleichen will.

Grobkalk (Paris)	2,62	Kohlensandstein (Millstone grit, Bristol)	2,58
Kreide (Sussex)	2,49	Kohlenkalk (Bristol)	2,75
Oberer Grünsand (Wilts)	2,57	Alter rother Sandstein (Herefordshire)	2,69
Unterer Grünsand (Wilts)	2,61	Alter rother Sandstein (Worcestershire)	2,65
Portlandoolith (Portland)	2,55	Grauwacke (Harz)	2,64
Rother Mergel des bunten Sandsteins (Devonshire)	2,61	Grauwacke (Ilfracombe)	2,69
Muschelkalk (Göttingen)	2,62	Kalkige Grauwacke (Ilfracombe)	2,77
Kohlensandstein (Bristol)	2,60	Silurischer Sandstein (Snowdon)	2,76
Kohlenschiefer mit Pflanzenabdrücken (Newcastle)	2,59		

Digitized by Google

Forestmarble (Pickwall) . . .	2,72	Grünstein verschiedener Länder	2,69—2,95
Bathoolith (Bath)	2,47	Syenit (Dresden)	2,74
Stonesfieldschiefer (bei Stow-on-the-Wold)	2,66	Prophyr (Sachsen)	2,62
Liaskalkstein (Lyme Regis) .	2,64	Serpentin (Cornwall)	2,58
Thonschiefer (Devonshire) . .	2,77	Diallagfels (Cornwall)	2,03
Carrara-Marmor	2,70	Hypersthentels (Cock's Tor, Dartmoor)	2,88
Glimmerschiefer (Schottland) .	2,69	Syenit-Granit (Vogesen) . . .	2,85
Gneuss (Freiburg)	2,72	Grauer Granit (Bretagne) . .	2,74
Domit (Puy de Dômes) . . .	2,37	Granit (Normandie)	2,66
Trachit (Auvergne)	2,42	Granit mit wenig Glimmer (Schottland)	2,62
Basalt (Schottland)	2,78	Granit (Heytor, Devonshire) .	2,66
Basalt (Auvergne)	2,88		
Basalt (Riesenweg)	2,91		

Während zu einer Zeit bloss Schutt von einer gegebenen Grösse, Gestalt oder specifischem Gewichte in den Flüssen vorwärts getrieben wird oder mechanisch suspendirt ist, wird zu einer anderen Zeit der früher ruhende Detritus leicht fortgetragen und es werden Wirkungen geübt, welche man ohne gehörigen Nachweis nach der Untersuchung der im gewöhnlichen Lauf des Flusses hervorgerufenen kaum für wahrscheinlich halten würde. Die Nachrichten von grossen Fluthen in Schottland, der Schweiz, Tyrol geben eine werthvolle Einsicht in die Folgen, welche in langen Zeiträumen durch wiederholte Wirkungen dieser Art längs eines Flusses hervorgebracht werden.

In einigen Ländern sind die Anschwellungen der Flüsse periodisch und rühren von periodischen Ursachen im Lande her, wie z. B. bei dem Nil, und es werden Ablagerungen gebildet, die erst bei der Wiederkehr des jährlichen Steigens neuen Zuwachs erhalten. Von diesem Zustand der Dinge bis zu häufigen Abwechselungen im höheren oder niederen Wasserstande der Flüsse giebt es jede Zwischenstufe, so dass die Resultate der Ablagerungen so verschieden sein können, wie die Ursachen ihrer Bildung. Wenige Flüsse sind in dieser Beziehung lehrreicher als der Mississippi, an dessen Ufern der Mensch noch keine so grossen Veränderungen bewirkt hat, und wir sehen dort Naturvorgänge, wie sie da, wo er seit Langem die Herrschaft geführt, nicht so gut wahrgenommen werden können. Sein Lauf ist so lang und geht durch so verschiedene Klimate, dass die Anschwellungen in einem Nebenstrom vorüber sind, ehe sie in einem anderen anfangen, und daher rühren jene häufigen Ablagerungen an den Mündungen der Seitenflüsse. Das Wasser der letzteren wird aufgestaut und bis zu einer gewissen Entfernung

Digitized by Google

stagnirend durch die reissende Fluth in dem grossen Flusse vor ihren Mündungen, und in Folge davon entsteht eine Ablagerung, welche bleibt, bis sie durch eine nachfolgende Fluth in dem Seitenstrom entfernt wird. Capitain Hall erzählt, dass, wenn der Ohio angeschwollen ist, derselbe die Wasser des Mississippi auf viele Meilen hin aufstaut, und dass, wenn der Mississippi gross ist, der Ohio auf 18 deutsche Meilen gedämmt werde.

Wenn man das in einem Flusse in einer bestimmten Zeit hinabfliessende Wasser, nebst der Masse der mechanisch von ihm getragenen Theile finden will, um sich eine richtige Schätzung von der Wassermasse und der Menge fester Bestandtheile zu bilden, die innerhalb eines Jahres oder einer bestimmten Zeit zum Meere oder in Seen geführt werden, so muss man grosse Sorgfalt anwenden, um der Wahrheit so nahe als möglich zu kommen.

Der Durchschnitt eines Flusses bietet uns Wasser dar, welches sich mit verschiedener Geschwindigkeit und folglich mit verschiedenen Tragkräften bewegt, und wo die grösste Wassermasse mit gleicher Schnelligkeit sich befindet, da ist auch das grösste Drängen und Treiben gegen den Boden. Wenn in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 18, *g f g* das Rinnsal eines Flusses darstellt, so ist die grösste Schnelligkeit des Wassers bei *a* und diese nimmt nach den Seiten und dem Grunde ab, wo die Reibung am grössten ist, wie dies durch die Wasserschichten *b b*, *c c* und *d d* dargestellt wird.

Fig. 18.

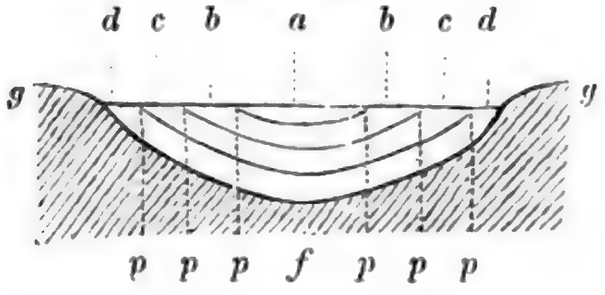


Fig. 19.

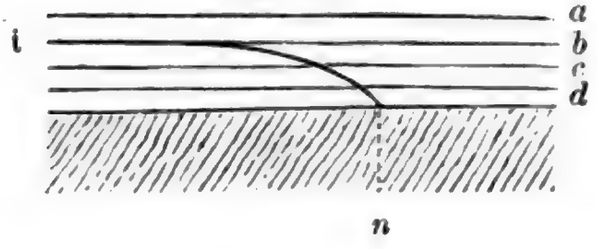


Fig. 19 soll einen Längenschnitt der Wasserschichten darstellen, die denen in dem Querschnitt Fig. 18 entsprechen. Angenommen, dass die Bewegung der Wassertheilchen in der Schicht *a* hinreichend ist, um ein Theilchen mechanisch suspendirt, und ein anderes nicht ganz suspendirt zu erhalten, so wird dies letztere durch die Wirkung der Schwerkraft sinken, aber es wird nicht auf einmal zu Boden fallen, sondern in die zweite Schicht Wasser *b* eintreten, durch die es in weniger Zeit sinkt, da die Geschwindigkeit geringer ist, und so weiter durch die anderen Schichten *c* und *d*, wo es eine Curve *in* beschreibt. Was die Menge von mechanisch getragenem Sediment in einem solchen Durchschnitt angeht, so ist dieselbe sehr ungleich vertheilt. In so weit es die Bewegung seiner Theilchen betrifft, würde das Wasser in der Schicht *a* im Stande

Digitized by Google

sein, Sediment von jedem Volumen, Form und specifischem Gewicht in mechanischer Suspension zu halten, welches der Fluss überhaupt führen könnte, während die unteren Schichten alles herabfallende Sediment empfangen und während des Fallens vorwärts führen würden, da die Verhältnisse für seine längere Suspension in den oberen Wasserschichten ungünstig sind.

Der Durchschnitt, Fig. 19, soll durch die Mitte des Stromes genommen sein; wenn wir hierzu andere Längsschnitte durch die Linien *p p p p p p*, Fig. 18', nehmen, so haben wir zwei Reihen, eine auf jeder Seite des mittleren Durchschnitts, deren Verhältnisse sowohl in Bezug zur Geschwindigkeit des Wassers, die Tragkraft oder in Bezug auf die Menge des in ihnen enthaltenen Sediments selten übereinstimmen werden. Es ist deshalb keineswegs leicht, die Menge von dem durch einen Fluss in mechanischer Suspension fortgeführten, oder längs seines Grundes durch Friction weitergedrängten Sediments zu schätzen, es verlangt vielmehr sehr grosse Umsicht, selbst nur ein annähernd richtiges Resultat zu erhalten.

Wenn das Wasser geschöpft ist, von dem man das durch Flüsse fortgeführte Sediment trennen und durch eine hinreichende Zahl von Versuchen in verschiedenen Theilen des Flusses die Menge solchen Sedimentes schätzen will, die einen bestimmten Ort passirt, so darf man das Wasser nicht abdampfen, wie oft geschehen ist, indem man durch dieses Verfahren nicht bloss die mechanisch getragenen, sondern auch die in Lösung befindlichen Stoffe erhält. Ein bestimmtes Volumen Wasser sollte einfach filtrirt, getrocknet und der Rückstand gewogen werden.

Um vollständig die Entfernung zu würdigen, zu welcher die verschiedenen Arten von Sediment durch fliessendes Wasser bis zu ihrer Ablagerung getragen werden, muss man seine Aufmerksamkeit auf die Menge und die Art richten, welche bloss bei einer gegebenen Geschwindigkeit eines solchen Wassers vorwärts gedrängt wird, wenn es auf den Boden oder die Seiten, an denen es vorbeifliesst, durch Friction wirkt, und auf die Menge und Beschaffenheit des Sediments, welches in derselben Geschwindigkeit, in derselben Zeit in mechanischer Suspension gehalten werden kann.

Da Flüsse Sediment in mechanischer Suspension verführen, oder dasselbe auf dem Boden fortdrängen, grösstentheils je nach dem Maasse ihrer Geschwindigkeit, und da die letztere unter übrigens gleichen Verhältnissen mit der Neigung des Flussbettes wächst, so muss man zu einer richtigen Würdigung der Kraft eines Flusses zur Fortführung von Schutt von den höheren Gegenden ins Meer oder in Seen, alle Veränderungen der Neigung in Anschlag bringen. Wenn *a b*, Fig. 20 (s. f. S.), die Neigung eines Flusses an einer Stelle und *b c* die Neigung desselben Flusses an einer anderen darstellt, und die Wassermenge durch Nebenströme weder vermehrt noch durch abgehende Arme vermindert wird,

Digitized by Google

so wird der Strom eine grössere Geschwindigkeit bei *ab* als bei *bc* be-

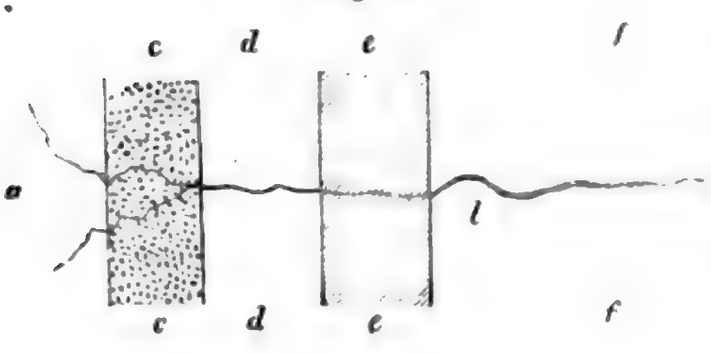
Fig. 20.

sitzen, und es können deshalb kleinere Gerölle und feinerer Sand auf dem Boden bei *bc* bleiben, als bei *ab*.

Der Aufenthalt, den ein Fluss in seinem Laufe erfährt, wie durch Seen, ebene Stellen und dergleichen, muss gehörig beachtet werden. Ohne diese Vorsicht könnte es vorkommen und ist in der That vorgekommen, dass man glaubt, alle Gerölle, die weit unten in einem Flussthale gefunden werden, wären dorthin durch den Fluss in seinem jetzigen Zustande geführt worden. Dies ist allerdings oft wahr, aber in diesem Falle müssen auch die dazu nothwendigen Bedingungen vorhanden sein. Häufig wird der Lauf eines Flusses, der in hohen Bergen entspringt, durch Strecken ebenen Landes oder selbst durch Seen unterbrochen, wo die Gerölle und das schwerere Sediment aufgehalten werden, und doch kann man in dem Flussbett unterhalb dieser Hindernisse Gerölle finden, die von den Felsen der hohen Berge herrühren. In diesem Falle sind die Gerölle in das jetzige Flussbett unter anderen geologischen Verhältnissen der Oberfläche gebracht worden. In der Weise können Gerölle aus der Schweiz in einigen Flussbetten des nördlichen Italiens nicht durch jetzige Flüsse von den Alpen in die Ebenen der Lombardei gebracht worden sein, da der Lago Maggiore, der Lago di Como und andere nothwendiger Weise den Lauf der Gerölle hätten aufhalten müssen, welche die Stromzuflüsse dieser Seen von den hohen Alpen herabbringen.

Wenn man auf die Gesteinsarten achtet, welche ein Thal durchsetzen, so hat man oft Gelegenheit, die Art und Weise kennen zu lernen, wie von ihnen herrührender Schutt durch die Wirkung des Flusswassers sich mischt. Man muss diesen aber nicht mit den Geröllen verwechseln, welche durch die Wirkung der Brandung zu einer Zeit gebildet wurden, als das Land aus dem Meere auftauchte und die in jener Zeit

Fig. 21.



in die Niederungen der Thäler zusammengeschwemmt oder die später von den Seiten der Hügel oder Berge durch die lang anhaltende Wirkung von Regen und kleineren Wasserströmen gebracht wurden. In dem Grundriss, Fig. 21, soll

ab den Lauf eines Flusses durch einen aus verschiedenen Felsarten *cc*, *dd* und *ee* bestehenden District in eine Niederung darstellen, in der sein Lauf sich verlangsamt, und der Fall des Flussbetts soll ein solcher sein, dass er der Wassermasse eine hinreichende Geschwindigkeit giebt, um Gerölle von der Grösse eines Eies vorwärts zu treiben, wo die volle Kraft des Wassers auf dieselben gerichtet ist. Da der Fluss im Stande ist, auf dem Boden Gerölle von dieser Grösse fortzuschieben, so werden die von geringerer Grösse unter sonst gleichen Umständen ebenfalls fortgeschoben werden, und es wird endlich Detritus von einer Grösse, Gewicht und Form kommen, der durch die Bewegung des Wassers in mechanischer Suspension getragen wird.

Unter solchen Umständen wird sich nothwendig überall eine Ablagerung des vom Wasser fortgedrängten Detritus bilden, wo hinreichende Hindernisse eine geringere Geschwindigkeit in dem Flusse hervorbringen, und da die Stärke des Flusses je nach seiner Wassermenge wechselt, so werden die so gebildeten Ablagerungen, wie in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 22, einen unregelmässigen Charakter besitzen, der von kleinen Veränderungen in der Richtung und in der Kraft der treibenden Strömung abhängt.

Fig. 22.

Da der Fluss in dem Grundriss Fig. 21 Gerölle bis zum Anfang des niederen Landes *ff* vorwärts schieben kann, so wird man unregelmässige Geröllanhäufungen bei *l* erwarten, wo die Kraft des Flusses sie nicht weiter vorwärts treiben kann. Es kann indessen nicht erwartet werden, dass der feinere Schlich oder Schlamm dort angehäuft werden kann, ausgenommen in sehr kleinen Mengen an stillen Plätzen, da der Fluss die Kraft, solchen Detritus in mechanischer Suspension zu tragen, allmälig verliert. In der That kann die für den Absatz, besonders der feineren Theile erforderliche Zeit eine solche sein, dass die ganze Wassermenge sich durch die Niederungen in einer trüben Beschaffenheit fortbewegt, und langsam das in ihr enthaltene Sediment fallen lässt.

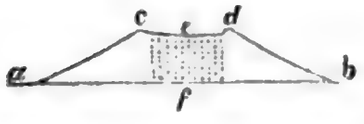
Unter den angegebenen Verhältnissen werden sich Ablagerungen längs des ganzen Laufes des Flusses bilden, und wenn diese Ablagerungen nicht bei Ueberschwemmungen wieder aufgerissen und weiter getrieben werden, so wird sich das Flussbett erhöhen. Die Kraft eines Flusses, seinen Kanal offen zu halten und selbst zu vertiefen, ist hauptsächlich sichtbar, wo der Fluss schnell fliesst, es ist indessen nicht immer ohne sorgfältige Untersuchung so deutlich, dass das Flussbett erhöht wurde, namentlich durch die Gerölle und den Sand, welche an dem Boden vorwärts geschoben wurden.

In manchen durch Flüsse modificirten Ebenen sieht man das Vorwärtsschieben des Detritus aus der Art seiner Anhäufung; derselbe ist

Digitized by Google

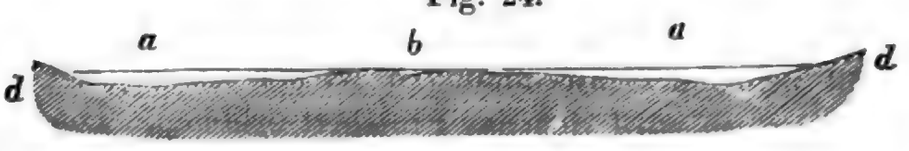
indessen oft mit so dünnen und ausgebreiteten Ablagerungen anderer Art vermischt, welche offenbar aus mechanischer Suspension niedergehalten sind, dass beide Arten zu der Bildung solcher Ebenen beigetragen haben. Obgleich sich sicherlich die Flussbetten in grossen Ebenen oft verändern, wenn diese Schichten höher werden, indem das Wasser die Richtung der etwa vorhandenen Niederung nimmt, so sieht man doch in einigen Ländern, wie z. B. in Italien, wo künstliche Dämme gemacht wurden, um die Flüsse in fruchtbaren Ebenen innerhalb ihres Kanals zu halten, dass die Flussbetten wirklich über die Ebene kommen, und dass die Strassen nach diesen Dämmen von beiden Seiten aufsteigen. In der kleinen Ebene von Nizza sind diese Flussrücken höchst merkwürdig, indem ein lockeres Conglomerat höher hinauf eine Menge von Geröllen für das Flussbett liefert. Der folgende Durchschnitt, Fig. 23, mag dazu dienen, diese Thatsache zu erläutern. *a b* ist das Niveau des Landes, das seit vielen Jahrhunderten unter Cultur ist, und auf dem allmälig künstliche Dämme bis zu *c d* gebildet wurden, um die bebauten Ländereien vor dem Ueberschütten mit dem vom Fluss *e* hergebrachten Detritus zu schützen. Dem zufolge hat sich der Detritus, der auf die Ebene gekommen sein würde, von *f* nach *e* erhöht, ungeachtet es ziemlich allgemeine Praxis ist, den so angehäuften Detritus über die Seiten der schützenden Dämme *c* und *d* zu werfen, und künstlich den Kanal zu vertiefen, wenn das Wasser in dem Fluss dafür einen hinreichend niederen Stand hat. Der Po liefert ein anderes wohlbekanntes Beispiel von der Erhöhung des Strombetts in grösserem Maassstabe, so dass es höher ist, als die Häuser in Ferrara, und Aehnliches findet unter gleichen Verhältnissen immer Statt.

Fig. 23.



Ein Fluss kann sein Bett so erhöhen, dass er eine Zeitlang keinen neuen Kanal in der benachbarten Ebene findet, indem seine trüben Wasser bei Ueberschwemmungen über die Dämme fliessen, ohne wirklich einen Einriss zu machen, wie man in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 24, sieht, wo *b* einen Fluss darstellt, der so sein Bett erhöht hat, dass

Fig. 24.

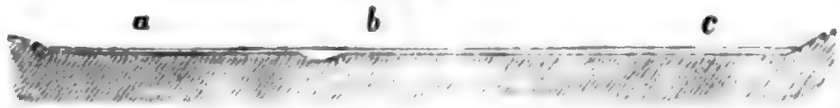


es auf jeder Seite Strecken Landes von einem etwas tieferen Niveau giebt. Bei Ueberschwemmungen wird ein solcher Fluss, wenn er sich über das benachbarte Land ausbreitet, alles mechanisch in seinem Wasser *a a* getragene Sediment auf den Boden bis zu den höherem Theilen *d d* absetzen, wenn das Sediment sich nicht mit dem Wasser zurückzog, bis sein Niveau das der Ufer des Flusses war, zugleich

Digitized by Google

nebst dem Sediment, welches sich aus den oberen Wasserschichten absetzte, ehe sie in das Rinnsal zurückkehrten. Die häufigere Wirkung einer Ueberschwemmung ist wie in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 25, darge-

Fig. 25.



stellt wurde, wo ein Fluss *b* sein Bett nicht erhöht (indem das ausgetretene Wasser bloss den allein am Boden gesammelten Schlamm entfernt) und das ausgetretene trübe Wasser *aa* zum Flussbett zurückkehrt und nur solche in mechanischer Suspension getragene Stoffe ablagert, als die Zeit der Ruhe erlaubte. Auf diese Weise kann viel Sediment während Ueberfluthungen über die Ebenen vertheilt werden.

Wir haben seither unter den von Flüssen fortgetriebenen oder in ihrem Wasser in mechanischer Suspension gehaltenen Stoffen nur solche in Betracht gezogen, welche von der Zersetzung von Gesteinen durch atmosphärische Einflüsse herrühren. Wir haben jetzt die Abreibung von Thon, Sand, Kies und harten Gesteinsmassen durch die Flüsse *selbst* zu betrachten.

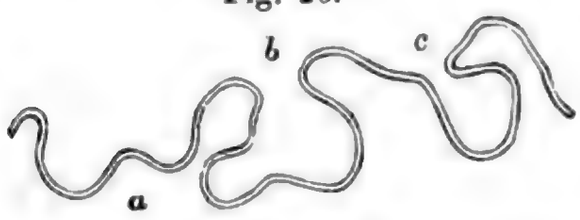
Bei manchem Flusse kann man leicht sehen, wie die blosse Reibung, selbst von klarem Wasser, in losen Sand und Kies einschneidet. Dass eine solche sich bewegende Masse so wirkt, war zu erwarten und ebenso, dass bei losen oder leicht entfernbaren Substanzen jede Modification in dem Laufe eines Flusses schnell eine Veränderung in anderen Theilen hervorbringt; aber es ist nichts destoweniger sehr interessant, über den Lauf von Strömchen durch den Sand Versuche zu machen, wie z. B. bei manchen breiten Ufern bei niedrigem Wasserstande, und die Wirkungen von selbst leichten Veränderungen in der Stromrichtung zu verfolgen. Das Einschneiden in eine Bank wirft das Wasser auf eine andere und das ganze Strombett wird modificirt. Solche Versuche lassen uns auch leichter die Modification von Flüssen durch die wirkliche einschneidende Kraft ihres Wassers würdigen, welche man in grossem Maassstabe in einigen Theilen der Erde sieht. Sie zeigen auch die Entfernung, bis zu welcher durch das Einstürzen einer Klippe, das Ausfüllen einer Höhlung, durch welche vorher wie in einem See die Kraft einer Fluth in ihrem vollen Laufe aufgehalten wurde, und durch andere auffallende Umstände Modificationen und Veränderungen hervorgerufen werden.

Jedermann hat wohl bemerkt, in welcher Weise Flüsse in Flachländern einen schlängelnden Lauf nehmen, eine Thatsache, die eben so leicht zwischen den Wiesen in flachen Thälern von sehr beschränkten Ausdehnungen, wie an den ungeheuren Biegungen des Mississippi oder irgend eines anderen unter ähnlichen Verhältnissen fliessenden grossen Stromes wahrgenommen werden kann. Die Flüsse schneiden durch ihre Reibung in den, in ihrem Laufe liegenden Boden

Digitized by Google

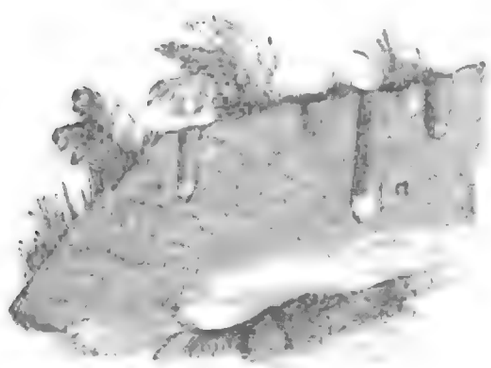
ein, und indem sie die Erde, den Thon, den Sand oder Kies von einer Schlinge nach der anderen durcharbeiten, modificiren sie ihr Bett. Das Wasser schneidet nothwendig solche Bänke an dem Boden jeder Schlinge weg. Hieraus folgt, dass wenn zwei Schlingen einander gegenüber sind, wie die des Flusses in der beigefügten Skizze, Fig. 26, bei *a*, *b* und *c*, durch fortgesetzte Erosion beide sich zu nähern und endlich zu vereinigen streben, so dass zuletzt der Lauf des Flusses durch die Summe der früheren Schlingen verkürzt wird.

Fig. 26.



Obgleich klares Wasser manche Wirkungen auf Körper ausübt, deren Theile keine hinreichende Cohäsion besitzen, um der Fortführung zu widerstehen, so geschieht es doch hauptsächlich unter Mitwirkung der entweder im Wasser suspendirten oder durch dasselbe vorwärts geschobenen Stoffe, dass die Flüsse am leichtesten in ihre Kanäle eingraben und ihre Ufer abreiben. Mit dieser Hülfe arbeiten sie selbst in harte Gesteine ein und entfernen die in ihrem Lauf liegenden, der Bildung einer zuträglichen Fallebene im Wege stehenden Hindernisse. Unter die einfachsten Formen, in welchen Wasser unter Mitwirkung von beigemengten Mineralsubstanzen auf Gesteine wirkt, gehören die vertikalen Löcher, die in manchen der härtesten Gesteine durch Gerölle sich bilden, denen durch Wasser eine rotatorische Bewegung mitgetheilt wird. Diese sind an manchen Orten, wo Gesteinsbänke sich durch Flussbetten erstrecken und Wasserfälle hervorgebracht werden, sehr gewöhnlich. Ein durch Strömungen fortgetragenes Geröll wird durch einen Wirbel an einem Orte so festgehalten, dass es daselbst bleibt und durch beständige Friction nach unten ein senkrechtes Loch, zuweilen bis zu einer Tiefe von mehreren Fuss bildet. In seltenen Fällen sieht man das Geschiebe noch, wie bei *a*, Fig. 27, indem der Einschnitt ein solcher war, dass es nicht herausfallen konnte. Harte Trappgesteine werden bisweilen auf diese Weise durch ein oder mehre Geschiebe gedrillt, und an manchen Orten muss dieses Drillen in Felsenriffe beträchtlich zu ihrer endlichen Entfernung beigetragen haben.

Fig. 27.



Die abreibende Thätigkeit bei Flüssen zeigt sich indessen am wirksamsten, wenn dieselben übergetreten sind und grosse Geschiebe gegen Felsmassen, die der Wuth des Stromes ausgesetzt sind, zermalmend und drückend

Digitized by Google

antreiben, oder feinerer Schutt entweder auf dem Boden vorwärts getrieben oder in mechanischer Suspension zerreibend und gleichsam zerfeilend auf die entgegenstehenden Hindernisse wirkt. Grosse Blöcke werden fortgedrängt, und hinterlassen Furchen zur Bezeichnung ihres Laufes, während an anderen Stellen die langsamere und feinere Reibung von kleinen Geröllen und Sand eine glatte Oberfläche hervorbringt.

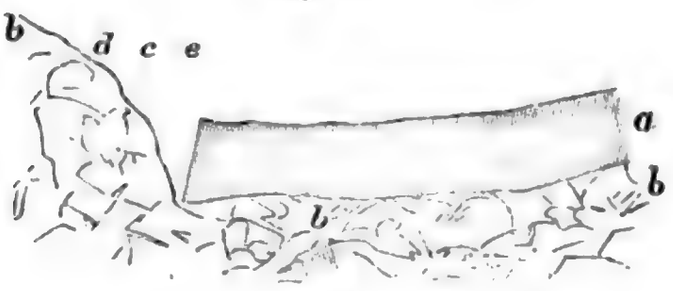
Bei Untersuchung der Abreibung durch Flüsse muss man die Zersetzung der Felsmassen auf ihrem Laufe in Anschlag bringen, ehe die abreibende Thätigkeit anfing, und kein zu grosses Gewicht auf die letztere allein legen. Da man weiss, dass die Zersetzung von manchen Gesteinen bedeutend dadurch unterstützt wird, dass dieselben abwechselnd nass und trocken sind, so muss der Beobachter darauf Rücksicht nehmen, ob das Wasser im Bereich eines Flusses steigt und fällt, und ob dieses hinreichend ist, einen merklichen Einfluss auf die benetzten Felsmassen auszuüben. Grosse Vorsicht ist nöthig, wenn man die Bildung einer Schlucht, durch welche ein Fluss seinen Weg nimmt, auf die einschneidende Thätigkeit des Flusses selbst beziehen will. Es giebt Beweise genug, dass selbst kleinere Bäche, besonders wenn sie durch Regen angeschwollen sind, sich Kanäle in verschiedenen Richtungen bilden. In mancher Berggegend kommt dies ganz gewöhnlich vor. Einige Beobachtung zeigt, dass manche Schluchten sich sehr leicht bilden, wenn, wie in Fig. 28, horizontale oder fast horizontale Schichten von verhältnissmässig harten Gesteinen, z. B. Sandsteinen, auf weicheren Massen, wie Thon oder Schieferthon, liegen. Durch die vereinigte Wirkung von atmosphärischen Einflüssen und fallendem Wasser und bisweilen auch mit Hülfe des zwischen den harten und weichen Gesteinen durchsickernden Wassers, zerbröckeln die unteren Schichten und werden leicht durch den Strom in mechanischer Suspension entfernt, während die harten Gesteine ihren Halt verlieren und auf die Basis des Falls herabstürzen. Diese Art der Bildung eines Kanals mit anfangs wenigstens senkrechten oder fast senkrechten Wänden nach rückwärts, wenn

Fig. 28.

dieselbe auch durch weiteres Einfallen oder durch die Erosion bei solchen Strömen, auf welche Ebbe und Fluth einen Einfluss ausüben, modificirt wird, kann man bei hundert kleinen Bächen sehen, und auch bei grossen Strömen, wo die nöthigen Bedingungen von harten und weichen und zugleich fast horizontalen Schichten vorhanden sind, wie in dem Thale des Niagara, wo die Bildung einer Schlucht dieser Art in einem so grossen Maassstabe vor sich geht.

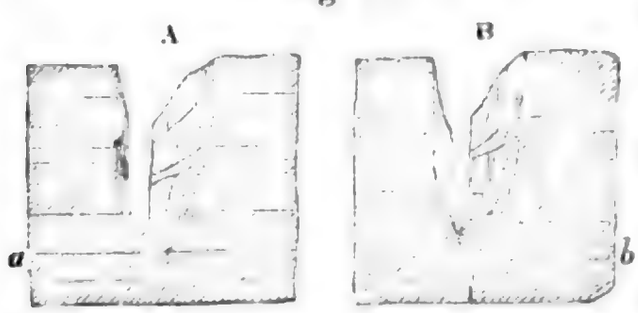
Wenn ein Damm, wie z. B. durch einen Lavastrom, plötzlich über ein Thal geworfen wird, so werden die Wasser nothwendiger Weise in in ihrem weiteren Fortschritt aufgehalten. Hat man einen Durchschnitt, wie Fig. 29, vor sich, wo ein Lavastrom *a* ein früher vorhandenes Thal in Granit *b b* kreuzt, *c* eine Schlucht ist und *d e* ein Fluss, der durch dieselbe fliesst, so muss man beachten, ob der Lavastrom *a* in der That durchschnitten wurde, oder ob er niemals vollständig das Thal ausgefüllt hat, so dass ein Raum zwischen dem höheren Theil der Lava *e* und der Granitmasse *d* blieb, durch welche die Wasser leicht ihren Weg fanden, und die modificirende Thätigkeit der Atmosphäre und des Flusses das trügerische Bild geben, als ob die Schlucht ganz von dem letzteren gebildet worden wäre.

Fig 29.



Ebenso muss man sorgfältig unterscheiden zwischen den Schluchten, welche die Flüsse eingeschnitten haben, und solchen, welche blosse Risse und Spalten sind, durch welche das Wasser irgend eines Districtes seinen Abzug nimmt, und bei jeder Schlucht nach Beweisen suchen, ob sie zu der einen oder zu der anderen Classe gehört. *A* und *B*, Fig. 30, sind Durchschnitte von zwei Schluchten. Im Allgemeinen haben sie dasselbe Ansehen, und selbst wenn ein Riss oder eine Spalte vorhanden ist, so können diese so unbedeutend sein, dass sie die gegenüberliegenden Massen nicht merklich aus ihrer Lage gerückt haben. Man muss dann irgend eine Gesteinsschicht, wie *a*, unverrückt über den Fluss von einer Seite zur anderen verfolgen. Entdeckt man eine solche Schicht, die beide Seiten der Schlucht mit einander verknüpft, und nicht etwa eine Biegung in dem Riss oder der Spalte das Ansehen einer zusammenhängenden Schicht darbietet,

Fig. 30.



Digitized by Google

so braucht die Schlucht doch noch nicht von der einschneidenden Wirkung des Flusses selbst herzurühren, denn sie kann ein Verbindungskanal zwischen einer Wassermasse und einer anderen zu einer Zeit gewesen sein, als das Land hierzu noch hinreichend unter Wasser war. Man muss darum immer noch nach Beweisen suchen, dass es der Fluss war, der den Kanal gebildet hat.

Wenn man die Gesteine nicht unverrückt über die Schlucht von einer Seite zur anderen verfolgen kann, so ist der Beweis unsicher, denn bei der Annahme, dass die Seiten so einander entsprechen, dass sie eine Dislocation zweifelhaft machen, können Felsblöcke, Geschiebe, Sand einen Riss so gut bedecken, wie z. B. bei *B*, als wäre es eine zusammenhängende Gesteinsmasse. Wenn indessen die Schichten auf jeder Seite der Schlucht bei ihrer Verlängerung nicht zusammentreffen, das heisst, wenn, wie in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 31, eine horizontale und bestimmt bezeichnete Schicht *a* höher auf der einen Seite als auf der anderen ist, so sieht man, dass die Richtung einer Dislocationsspalte entspricht, wo der Mangel an Uebereinstimmung beider Seiten offenbar ist, und durch weiteres Suchen versichert man sich, ob diese Dislocation in derselben Richtung verfolgt werden kann. Ist dieses der Fall, so bleibt immer noch zu untersuchen, ob der Fluss in der That mehr gethan hat, als die Wirkungen einer Thätigkeit längs der Dislocationslinie zu modificiren, durch welche die Schlucht ursprünglich gebildet worden ist. Wenn wir statt horizontaler vertikale Gesteinsschichten haben, wie in dem folgenden Grundriss, Fig. 32, in welchem *a b* den Lauf eines Flusses durch eine Schlucht darstellt, und eine bestimmte Schichtenreihe 1 2 3 und 4 sich nicht entspricht, wenn sie über den Fluss verlängert wird, so wird es dann ebenfalls offenbar sein, dass der letzte in einer Dislocationsspalte fliesst.

Fig. 31.

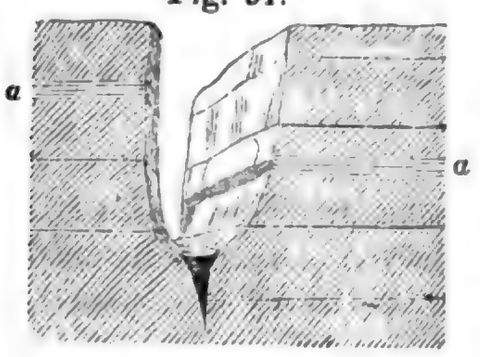
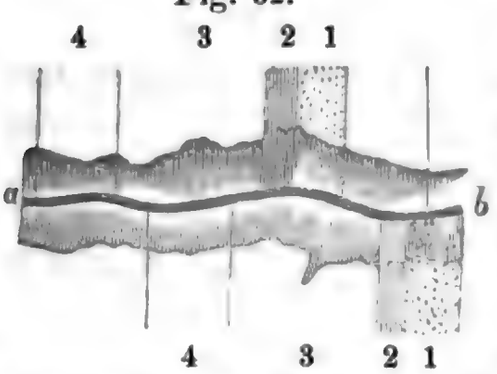


Fig. 32.



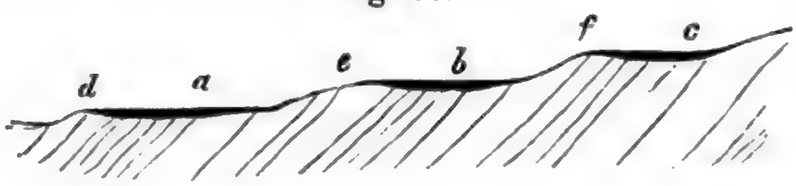
Wenn ein Flussbett in der Weise ansteigt, dass in dem höheren Theile der Schlucht eine Reihe von Wasserfällen gebildet wird, so dass das Niveau des Flussbetts endlich den höheren Theilen der Schlucht gleich wird, so ist es offenbar, dass keine Wasserstrasse in der Art einer Meerenge die Ursache der Schlucht war, da durch das Senken des Landes die Schlucht bloss einen Arm des Meeres bilden würde, den der von dem Fluss von höheren Theilen herabgebrachte Detritus allmälig ausfüllt.

Wenn man Thäler verfolgt, um die Veränderungen zu studiren,

Digitized by Google

die sie durch die Wirkung von Flüssen und andere fliessende Wasser erlitten haben, so sieht man oft, hauptsächlich in Berggegenden, ebene Strecken, die wie Seegründe aussehen, durch welche der Fluss sich schlängelt und nicht selten durch Schluchten oder Felsenthäler von verschiedener Grösse seinen Weg zu niedrigerem Niveau findet. Man nimmt gewöhnlich an, dass durch Niedrigerwerden des Niveaus des Seeausflusses das das Wasser aufstauende Hinderniss hinreichend für seinen weiteren Fortgang, unter gewöhnlichen Umständen, entfernt wurde, da sich das Wasser bloss bei sehr grossen Ueberschwemmungen über diese Ebenen verbreitet. Diese Erklärung ist häufig sowohl im kleinen wie im grossen Maassstab wahrscheinlich. Wenn, wie in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 33, der drei Seen *a*, *b* und *c* längs

Fig. 33.



eines Bergthales darstellt, die erosive Wirkung des Flusses die Hindernisse *d*, *e* und *f* erniedrigt, so werden die Becken *a*, *b*, *c* nicht mit Wasser gefüllt bleiben und wir werden an ihrer Stelle Ebenen haben, die alten Seegründe, durch die der Fluss sich windet und sich durch die Engpässe bei *d*, *e* und *f* stürzt.

Mit Rücksicht auf die Wirkungen, die durch langsames Auswaschen der Schluchten auf solche Wassermassen hervorgebracht werden, von denen man einst voraussetzte, dass sie überwältigende Fluthen erzeugen konnten, ist zu bemerken, dass die Wassertiefe an dem Ausfluss von Seen gewöhnlich nicht beträchtlich ist, so dass das Entleeren und Niedrigerwerden des Wassers solcher Seen allmälig vor sich geht. Der folgende Querschnitt, Fig. 34, soll einen Fluss darstellen, der seinen Kanal in der Art des

Fig. 34.

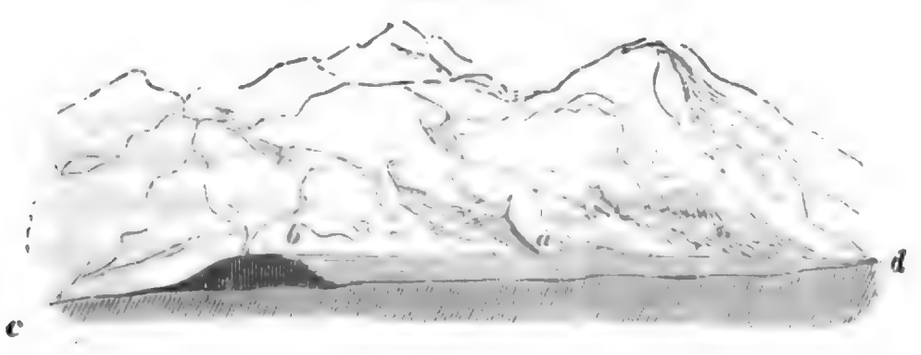
Niagara gegen den Eriesee rückwärts bildet, vorausgesetzt, dass die Umstände dazu günstig wären, so dass der letztere in Folge dieser Wirkung abfliesst. *h e* ist die etwas übertriebene Neigung des Seebettes von *h* an, von wo das abfliessende Wasser über den Damm fällt und *f' o* das Niveau des Flusses unterhalb der Fälle, die den Kanal nach rückwärts bilden. Wenn *ff'* den Platz der Fälle in einer gegebenen Zeit darstellt, so ist es klar, dass bei der Fortdauer derselben Wirkungen

Digitized by Google

dieselben weiter bis gg' und selbst bis zu hh' einschneiden können, ohne die Wassermenge in dem See zu vermindern. Ist der Einschnitt indessen einmal bei hh' angelangt, so wird jeder folgende Einschnitt mehr Wasser ablassen und die Wasser des Sees bis zu dem Niveau der neuen Fälle trocken legen, so dass, wenn diese sich bis auf ii' zurückgezogen haben, die Oberfläche des Sees bis auf ic sinkt, und die Wassermenge des ganzen Sees über dem neuen Niveau wird neben dem gewöhnlichen Wasserabfluss über die Fälle gegangen sein. Dieser Mehrbetrag wird die Schnelligkeit und die einschneidende Kraft der Fälle vermehren, welche sich unter übrigens gleichen Bedingungen schneller bis zu kk' zurückziehen und das allgemeine Niveau des Sees auf kd in einer geringeren Zeit reduciren, als es von ab bis ic der Fall war. In gleicher Weise würde das Niveau des Sees bis auf ne reducirt werden, was wir beispielsweise als seine grösste Tiefe annehmen; aber da jeder folgende Rückzug der Fälle das allgemeine Niveau erniedrigt, so dass der See einen geringeren Flächenraum einnimmt, so würde seine Wassermenge sich allmälig vermindern, bis endlich nichts weiter zurückbleibt, als ein durch den ausgetrockneten Boden des Sees sich schlängelnder Fluss. Man darf bei dieser Art des Trockenlegens eines Sees nicht vergessen, dass wenn er gross ist, der durchschnittliche Verlust durch Verdunstung geringer wird mit der Verkleinerung der Oberfläche, so dass der Zufluss durch Nebenflüsse und Ströme aus diesem Grunde nicht verringert wird und mehr Wasser seinen Weg durch den Ausfluss zu einem niedrigeren Niveau findet.

In vulkanischen Landen giebt es Modificationen in den Abzugskanälen der Thäler durch das Fliessen von Lavaströmen durch dieselben, und in Alpengegenden können sich Seen bilden durch den Fall von Gesteinsmassen in enge Thäler. Durch die erstere Ursache können manche dauernde Veränderungen in dem Abflusssystem bewirkt werden, indem die abgedämmten Gewässer einen neuen Ausweg finden, vorzüglich durch Anhäufungen von Asche und Lapillen. Wo ein Lavastrom durch ein Thal fliesst, kann der tiefste Theil eines so gebildeten Sees an seinem unteren Theile sein, wie in dem beigefügten Durchschnitt Fig. 35, wo die frühere Neigung eines Flussbettes durch einen Lavastrom b quer über das Thal unterbrochen wurde, so dass die Flusswas-

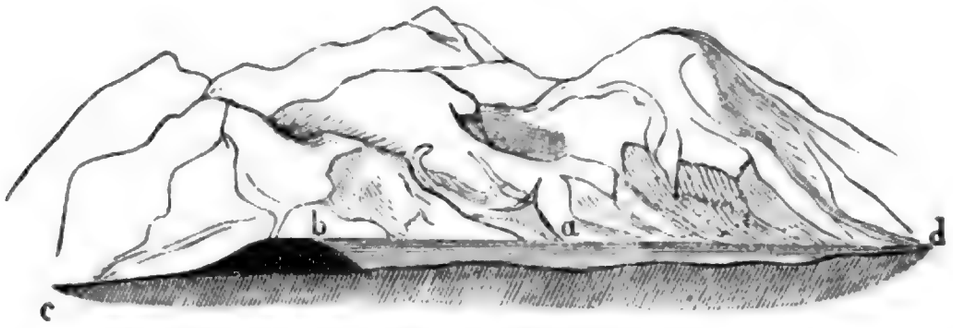
Fig. 35.



Digitized by Google

ser aufgestaut werden und einen See *a* bilden. Wenn man annimmt, dass ein Lavastrom den Lauf des Flusses ganz unterbrochen hat, und

Fig. 35.



sich selbst etwas auf der entgegengesetzten Seite eines solchen Thales erhebt, so kann ein solches Hinderniss lange bestehen, indem durch die Hemmung des Flusswassers aller Detritus, der früher längs des Bodens fortgedrängt wurde, von weiterem Fortschritt abgehalten wird, und sich zu gleicher Zeit viel von der mechanisch suspendirten Masse zu Boden setzt. Beide Verhältnisse würden für das Ausfüllen des Sees günstig sein, und solche Ablagerungen können wiederum durchschnitten werden, wenn das Hinderniss des Lavastroms endlich entfernt ist. Es ist zu bemerken, dass das letztere um so leichter Statt finden kann, wenn der See ausgefüllt ist, und Grus und Sand den Kanal der Stromschnellen oder Wasserfälle von *b* auf *c* abreiben können.

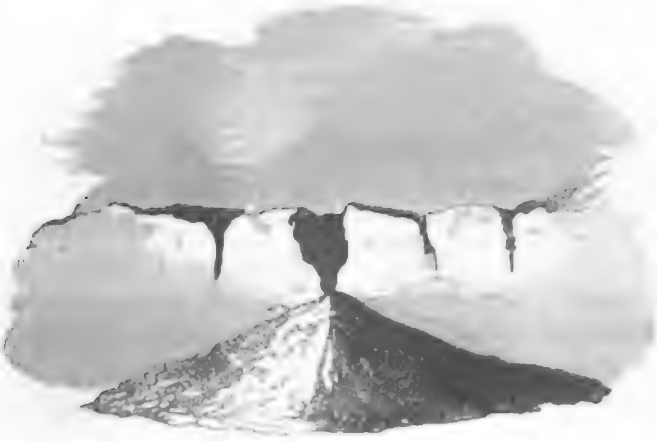
Wenn Bergmassen über enge Thäler gefallen sind, wie es viele Beispiele giebt, und dadurch das Wasser aufgestaut haben, so kann es leicht geschehen, dass Wasserfluthen gebildet werden, die sehr grosse Wirkungen in einem niedrigeren Niveau hervorbringen und die Entfernung von Felsmassen unter solchen Umständen veranlassen, welche der gewöhnliche Zustand der Gewässer in dem Thal selbst mit jeder Rücksicht auf Fluthen höchst unwahrscheinlich erscheinen lässt. Man kann die Wirkungen solcher Fälle würdigen lernen, wenn man einen Damm von lockerem Sand und Grus durch irgend einen kleinen Bach macht, so dass die Wasser aufgestaut werden. Zuerst wird die Entfernung des Dammes gering sein, aber nach einiger Zeit stürzt sich das Wasser heraus, reisst einen Theil des Dammes vor sich her und bewegt in seinem Laufe Steine und Blöcke, an deren vegetabilischer Decke man sieht, dass sie Jahre lang den gewöhnlichen Fluthen widerstanden haben.

In Berggegenden kann bisweilen auch ein Seitenthal nach einem Wolkenbruch eine solche Masse von Schutt vor das Hauptthal führen, dass die Wasser desselben aufgestaut werden, und dass, wenn endlich das Hinderniss weggeräumt wird, dieselben mit reissender Schnelligkeit nach einem niederen Niveau stürzen. Zu anderen Zeiten sind die Wirkungen eines Nebenstromes, der sich in einem rechten oder beinahe rechten Winkel in den Hauptstrom ergiesst, mehr allmälig und in Theilen eines Hauptthales, wo der Fall des letzteren nicht so beträchtlich

Digitized by Google

ist, dass eine starke Strömung Statt findet, werden dauerndere Veränderungen hervorgerufen. Die folgende Skizze, Fig. 36, zeigt einen in manchen Gegenden nicht ungewöhnlichen Fall, wo ein Nebenfluss durch eine Seitenschlucht, hoch oben in dem Hauptthal kommt und den Schutt vorwärts bewegt, so dass er eine Art von Halbkegel bildet. Das Wachsthum einer solchen Masse wird den Weg des Hauptflusses modificiren, wenn der letztere unfähig ist, den dergestalt über seinen Lauf geworfenen Schutt zu entfernen. In einigen Gegenden der Alpen sieht man Hütten und Ackerland auf den Theilen des Kegels, wo die mehr oder weniger getheilten Ströme des Seitenflusses nicht zu stürmisch einem niederen Niveau zueilen.

Fig. 36.



Unter den Ursachen von Fluthen und Veränderungen des Wasserlaufes dürfen wir nicht die Gletscher vergessen, die von benachbarten Höhen über Thäler fallen, da die grosse Fluth in dem Thale der Rhone im Jahre 1818 noch frisch im Gedächtniss von Vielen ist, die ihre Gewalt in der Fortführung von Gesteinsmassen beobachteten, eine Gewalt, die kaum glaublich erscheint. Nach mehreren Ablösungen von dem Getroz-Gletscher während einiger Jahre in einem engen Theil des Val de Bagnes, im Wallis, wurde die Anhäufung am Ende so gross, dass das Wasser der Dranse, welches früher seinen Weg durch die gefallenen Eisblöcke gefunden hatte, aufgestaut wurde. Es wurde auf diese Weise ein See von ungefähr einer halben Lieue in Länge gebildet, dessen Wasserinhalt auf 800,000,000 Kubikfuss geschätzt wurde. Indem man eine Galerie in einem niederen Niveau in den Eisdamm trieb, verringerte man diese Menge auf 530,000,000 Kubikfuss, eine Wassermenge, welche durch einen Weg zwischen dem Eis und dem Fels auf der einen Seite in ungefähr einer halben Minute das Val de Bagnes hinunter in das Rhonethal und in den Genfer See abgelassen wurde, wo durch die Ausbreitung des Wassers seine zerstörende Kraft glücklicher Weise verloren ging. Durch diese Fluth wurden grosse Felsblöcke fortgeführt und eine grosse Masse von Material auf ein niedrigeres Niveau gebracht.

Digitized by Google

Ablagerungen in Seen.

Die Ablagerungen, welche in den ruhigen Theilen von Bächen vor sich gehen, so wie die geneigte Lage der Schichten von Sand und Grus, die längs des Bach- oder Flussgrundes hingetrieben und über kleine Deltavorsprünge in Wasserlachen geworfen werden, sind bereits erwähnt worden. Die Art, wie diese Ablagerungen von Gesteinsschutt in den Seen Statt finden, ist dieselbe wie in den kleinen Lachen, und der Unterschied liegt hauptsächlich in der Grösse der Ablagerungen. Die kleinen Lachen unterscheiden sich hauptsächlich von Seen dadurch, dass dieselben von Fluthen überschwemmt werden und der abgelagerte Schutt wiederum gehoben und weitergeführt wird, was bei Seen von einiger Grösse nicht der Fall ist. Ausserdem verbreitet sich getrübtes Flusswasser über die Lachen, und nicht über Wasserflächen, die den Namen von Seen verdienen. Letztere sind natürlich, was die Ruhe ihrer Gewässer angeht, je nach ihrer Tiefe sehr verschieden. In den tieferen Theilen solcher Wassermassen, wie der Genfer See, dessen grösste Tiefe 984 Fuss ist, giebt es keine Ursache für eine Bewegung aus veränderten Temperaturen des Wassers, denn Versuche zeigen, dass diese Temperatur in grossen Tiefen immer dieselbe ist, und man zu allen Zeiten des Jahres die Temperatur des grössten specifischen Gewichts des Wassers findet. An solchen Stellen ist der auf der Oberfläche von Winden erregte Wellenschlag nicht mehr zu bemerken, und chemische oder mechanische Ablagerungen an solchen Orten bleiben so lange ungestört, als die gegenwärtigen Verhältnisse andauern.

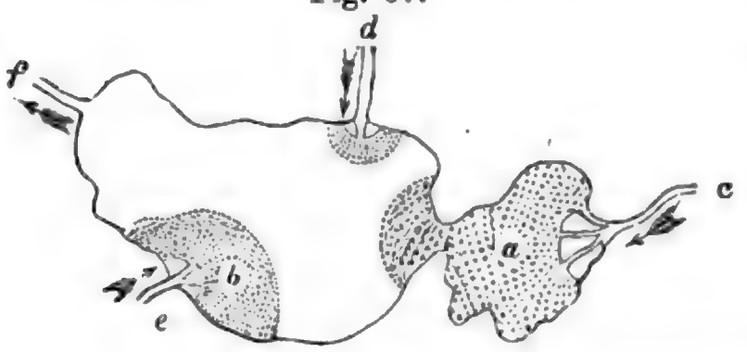
In den seichten Theilen desselben Sees, und überhaupt in allen seichten Seen, rühren die Wellen, welche durch dieselbe Windstärke wegen des geringeren specifischen Gewichts der Flüssigkeit leichter in Süsswasserseen als im Meerwasser hervorgerufen werden, den feineren Schlamm und Schlich auf, während die Brandung auf das Ufer wirkt, und erhalten während dieser Zeit schwereren Niederschlag in Bewegung und mechanischer Suspension. Da deshalb die tieferen Löcher in Seen ausgefüllt werden, so kann in einem Theile der Anhäufungen der höheren Theile eine Unregelmässigkeit Statt finden, die weiter unten nicht bemerklich ist.

Man findet bei allen grossen Seen in Nordamerika, der Schweiz und dem nördlichen Italien, dass die zufliessenden Bäche und Ströme Schutt von verschiedener Art und auf verschiedenem Wege in dieselben führen. Der Grundriss Fig. 37 stellt einen See dar, der in zwei ungleiche Theile getheilt ist, und welcher nebst dem auf ihn fallenden Regenwasser, Wasser durch die Flüsse c, d und e erhält; c ist

Digitized by Google

ein Hauptfluss und der Abzug für einen grossen District; *d* und *e* sind zwei Ströme, die bisweilen von benachbarten Berghöhen mit grosser Gewalt herabstürzen, während sie zu anderen Zeiten wenig Wasser enthalten.

Fig. 37.



Nehmen wir ferner an, dass das Wasser des Flusses *c* gewöhnlich trüb ist, wie das der Gletscherflüsse der Alpen, und dass seine Menge in verschiedenen Zeiten wechselt, so dass der Fluss verschiedene Mengen von Material vorwärts treibt und in mechanischer Suspension hält. Unter solchen Verhältnissen werden die durch den Fluss *c* in den See gebrachten Ablagerungen zwar wechseln oder doch gleichförmiger sein, wie die, welche von plötzlichen Wasserfluthen durch die Ströme *e* und *d* herrühren, indem die Steine und Geschiebe, welche die letzteren mitführen, grösser sind, als der von dem Hauptstrome *e* herbeigeführte Schutt.

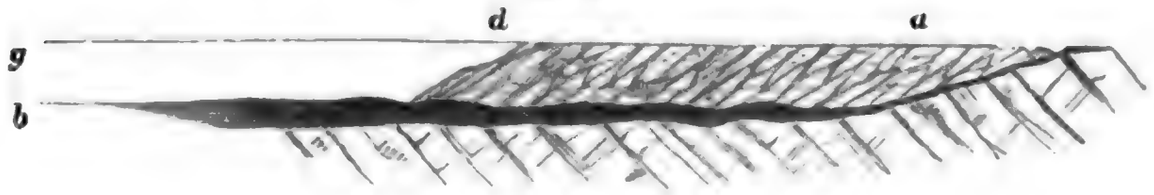
Um den Unterschied der unter diesen Verhältnissen entstehenden Ablagerung zu würdigen, wollen wir annehmen, dass die Tiefe des Sees durchaus gleichförmig oder fast gleichförmig ist, obgleich natürlich die ursprüngliche Gestalt des Wasserbeckens auf die Produkte Einfluss hat. Der Fluss *c* wird, wie bemerkt, den Schutt anhäufen, den er längs seines Bettes hertreiben kann, während er zu gleicher Zeit eine trübe Wassermasse in die ruhigen Wasser des Sees führt. Die Kraft des ersteren wird durch die letztere gehemmt und das trübe Wasser, welches schwerer ist, als das von Süsswasserseen, sinkt in Wolken zu Boden, wie man dies an dem Einfluss der Rhone in den Genfer See und an verschiedenen anderen Orten sieht. Die Geschwindigkeit, mit welcher die trüben Wasser in den See eintreten, führt dasselbe zu verschiedenen Entfernungen, bis seine Bewegung zuletzt langsamer wird. Man sieht indessen, wenn trübe Wasser in Folge des Unterschiedes in dem specifischen Gewichte zu Boden sinken, dass dieselben langsam auf beträchtliche Entfernungen an dem Boden hinkriechen, und es lange dauert, bis sie die von ihnen in mechanischer Suspension getragenen feineren Stoffe fallen lassen. Den feineren Schlamm der Rhone findet man unter dem stillen tiefen Wasser des Genfer Sees viele Meilen von dem Einfluss der trüben Wasser des Flusses in den See entfernt.

Ist die Tiefe des Sees von der Art, dass das trübe Wasser so unter das klare fliessen kann, dass es eine Ablagerung von Schlamm oder Thon bildet, so wird der Grund der kleineren Abtheilung des Sees mit dieser feinvertheilten Materie bedeckt werden, während ein deltaförmiger

Digitized by Google

Vorsprung von Sand und Gerölle darunter gebildet wird. Nimmt man an, dass der Anfang solcher Ablagerungen in einer felsigen Mulde, dem Becken des Sees Statt hat, so nehmen dieselben ungefähr folgende Gestalt an, wie Fig. 38, wo *a* die ersten über *c* getriebenen Grus- und

Fig. 38.



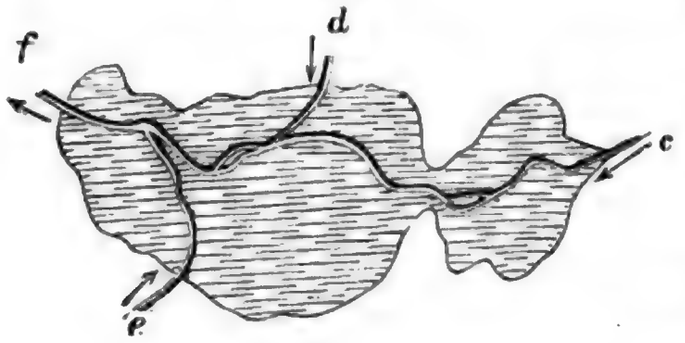
Sandablagerungen, *b* langsam über das ganze Becken angehäuften Schlamm, *d* das Vorrücken des Deltas über den Schlamm und *g* die Oberfläche des Sees jenseits des Deltas darstellt. Unter diesen Verhältnissen haben wir denn unregelmässige Schichten von Sand und Grus hier und da mit Thonanlagerungen, dem Resultate der Ablagerungen an einzelnen stagnirenden Stellen, welche auf einem Thone ruhen, der hier und da in seinem oberen Theile Sand oder sandigen Thon enthalten kann, dem Produkte von Fluthen, die diese Stoffe in mechanischer Suspension über das Delta hinaus in tieferes Wasser führen und sie dort auf den Schlamm ablagern.

Bei Fig. 37 müssen wir erwarten, dass die Ablagerungen an der Vereinigung der Ströme *d* und *e* mit dem See in ihrem Charakter sehr modificirt sind. Um den Fall verständlicher zu machen, wollen wir annehmen, dass nach der Natur der von diesen Strömen berührten Felsarten bei *d* nichts weiter als Bruchstücke harter Substanzen vorwärts getrieben werden, während viele erdige Stoffe und leicht durch Reibung verkleinerte weiche Felsarten sich mit den bei *e* in den See fallenden härteren Stücken mischen. Wenn eine geringe Menge erdiger Stoffe bei *d* vorwärts geführt wird, so wird die Ablagerung, wo der Strom in den See tritt, nichts weiter bilden, als eine vorspringende Masse von Bruchstücken, die aus Schichten von verschiedener Lage bestehen, aber um die Krümmung des Vorsprungs wahrscheinlich in ihrer Neigung von 20^0 — 30^0 wechseln, während die in mechanischer Suspension gehaltene feinere Masse zu Boden fällt, sich dort langsam fortbewegt und zu dem von dem Hauptstrome *c* gebildeten Schlamm beiträgt. Die durch den Strom *c* bei *b* gebildeten Ablagerungen werden einen Mischcharakter zwischen denen von *c* und *d* haben. Dauern diese Ursachen fort, so wird der See endlich durch Thon, Sand und Kies ausgefüllt, wobei die Wellen der Oberfläche um so mehr auf die höheren Ablagerungen wirkten, je mehr die Tiefe abnahm. Endlich wird der ausfliessende Fluss *f*, der so klar ist wie die Rhone, wo sie den Genfer See verlässt, sich mit dem Flusse *c* vereinigen, *d* und *e* werden zu Nebenflüssen und das Ganze fliesst durch eine Ebene, wie Fig. 39 dargestellt ist, wobei von

Digitized by Google

Zeit zu Zeit bei Ueberschwemmungen Schlamm auf die Oberfläche der Ebene hinzukommt, und die Ströme immer noch Felsstücke und Gerölle herbeiführen, wo sie sich mit ihm vereinigen.

Fig. 39.



Der geologische Beobachter wird leicht Modificationen in den hier erwähnten mechanischen Ablagerungen auffinden können, und wenn er dieselben mit den früher berührten chemischen Niederschlägen verbindet und die härteren Theile von Thieren hinzufügt, die entweder in den Seen gelebt haben, oder in sie geschwemmt wurden, nebst den Blättern von Bäumen und Pflanzen und die Zweige und Baumstämme, welche endlich zu Boden sinken, nachdem sie bisweilen ruhig, bisweilen stürmisch und rasch fortgeführt wurden, so wird er *leichter* das so verschiedene Verhalten zu würdigen im Stande sein, *welchem* Süsswasserablagerungen unterworfen sind.

Wirkung des Meeres auf Küsten.

Ehe wir die in dem Meere bewirkten Ablagerungen betrachten, ist es wünschenswerth, die Aufmerksamkeit auf die Wirkung des Meeres auf Küsten zu lenken, da dieselbe oft in nicht geringem Grade zu den diese Ablagerungen bildenden Stoffen beiträgt.

Der Ton, den das Reiben und Mahlen der Gerölle an einer steinigen Küste selbst bei unbedeutender Brandung hervorbringt, kann den Besuchern von solchen Meeresküsten kaum entgangen sein, da Ufer dieser Art nicht selten sind. Es ist klar, dass diese Reibung, wenn sie durch ganze Zeitalter hindurch andauert, nicht nur die Gerölle zu Sand zermalmt, sondern auch selbst die einer solchen kräftigen Thätigkeit ausgesetzten harten Gesteine schleift und glättet. Indessen lernt man hauptsächlich bei einem heftigen Sturme, der über einen weiten Ocean die Brandung gegen ein Ufer treibt, und grosse Felsmassen in Bewegung setzt, oder bei der Wirkung der langgestreckten Brandungswellen gegen eine Küste, welche man mit dem Namen einer Grundschwellung belegt, wie gross nicht nur die Kraft des so gegen eine Küste geschleuderten Wassers an sich ist, sondern auch jene weitere Kraft zur Abreibung und Zerstörung der den Wellen ausgesetzten Küsten, welche es durch grosse und viele Gesteinsfragmente erhält, die es in mechanischer Suspension halten kann.

Um die Kraft der Brandung richtig zu würdigen, muss man eine

Digitized by Google

gegen den Ocean offene Küste, wie die des westlichen Irlands, des Landsend in Cornwall, oder die der westlichen schottischen Inseln während eines heftigen und lang anhaltenden Sturmes von Westen und die Wirkung der grossen atlantischen Wogen sehen, wenn sie an der Küste sich brechen und anschlagen. Man wird gewöhnlich an solchen Orten finden, dass die Felsen zwar ausgenagt und in höchst phantastischen Formen ausgehöhlt, dass es aber immerhin harte Felsmassen sind, denn keine anderen könnten lange der Thätigkeit der Brandung widerstehen, welche mit seltenen Unterbrechungen auf sie wirkt. Nicht nur auf dem Ufer ruhende Felsblöcke werden durch die wiederholten Schläge solcher Brandungswogen vorwärts getrieben, wobei man sich erinnern muss, dass die blosse Wassermenge in einer grossen Brandungswelle beträchtlich ist, sondern auch die festen in den Molos eingesenkten Gesteinsblöcke werden oft aufgerissen und an geschütztere Orte geworfen. Die Geschichte von gar manchem Hafendamm ist die Geschichte der zerstörenden Gewalt der Brandung und die, welche Zeugen von einem Einbruch in einen solchen Hafen während eines heftigen Sturmes gewesen sind, werden nicht anstehen, die Wichtigkeit der Brandung für die Zerstörung der Küsten anzuerkennen. Während eines heftigen Sturmes im November 1824, und abermals im Anfang des Jahres 1829, wurden Blöcke von Kalkstein und Granit von zwei bis fünf Tonnen (40 — 100 Centner) um den Molo von Plymouth wie Gerölle fortbewegt. Ungefähr 300 Tonnen solcher Blöcke wurden auf eine Entfernung von 200 Fuss die schiefe Ebene des Molo hinaufgeführt. Sie wurden über denselben geworfen und in verschiedenen Richtungen zerstreut. An einer Stelle wurde ein Kalksteinblock, sieben Tonnen schwer, eine Entfernung von 150 Fuss fortgerissen. Man sieht oft Blöcke von zwei bis drei Tonnen durch einen einzigen Anschlag der Brandung losgerissen und in einen Hafen geworfen werden.

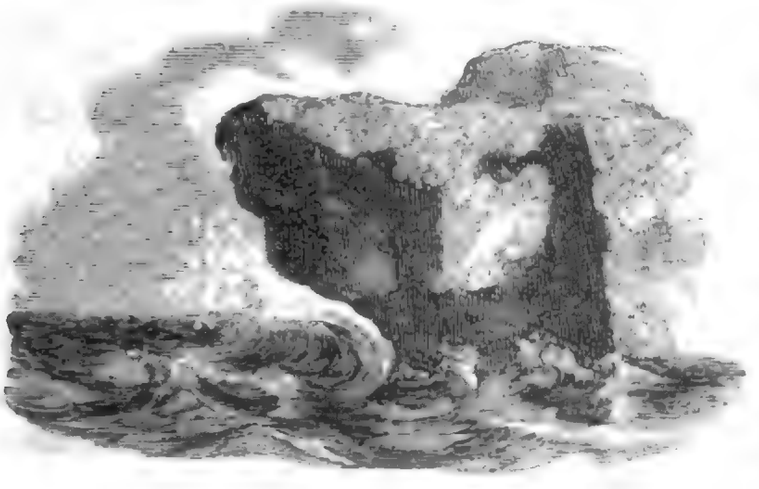
Eine geringe Aufmerksamkeit auf die Art, in welcher Wogen an einer Küste sich brechen, giebt bald zu erkennen, dass unter übrigens gleichen Umständen die grösste Menge zerstörender Thätigkeit von den vorherrschenden Winden auf das Ufer und ihrer Kraft, grosse Wogen hervorzubringen, abhängt. So finden wir den grössten Verlust an Land an einer Küste, an welcher Westwinde vorherrschen und vor welcher eine hinreichende Meeresfläche sich befindet, indem die Kraft der Brechwogen dort am grössten und anhaltendsten ist. Im Ganzen sind die Küsten von England den heftigsten und unaufhörlichsten Brandungen ausgesetzt von Winden, die von Nordwest nach Südwest wechseln, und eine nur geringe Bekanntschaft mit diesen Küsten wird den Beobachter bald überzeugen, dass wenn die anderen Küsten von England einer gleichen Menge von zerstörenden Wirkungen ausgesetzt wären, ein grosser Theil von ihnen mit einer weit grösseren Schnelligkeit entfernt würde, als gegenwärtig.

Digitized by Google

Nimmt man eine gleiche Stärke vorherrschender Winde und ein offenes Meer, über welches sie wehen, an, so wird man bald finden, dass die Abreibung von Gesteinen von gleicher Härte und ähnlicher Lage sich verschieden verhält, je nachdem die benachbarten Meere Ebbe und Fluth haben oder nicht. In dem letzteren Falle kann zwar der Druck des Windes auf das Wasser dasselbe auf ein aussergewöhnliches Niveau heben, aber der Unterschied ist nicht so beträchtlich, dass grosse Flächen der Uferklippe der Wirkung der Brandung ausgesetzt werden. Ausserdem wird ein in solchen Meeren vor einem Felsenufer aufgehäufter Strand selten überschritten und das Ufer angegriffen. In Meeren mit Ebbe und Fluth dagegen sind die Klippen viele Fuss hoch in vertikaler Richtung der Wuth der Brandung ausgesetzt, und ein bei schönem Wetter in passenden Lagen angeschwemmter Strand wird durch die wiederholte Wirkung der Brandung entfernt, so dass die Klippen der Abreibung abermals unterworfen sind. Ueberdies erleiden die Gesteine grössere Zersetzung, weil sie abwechselnd nass und trocken sind, ein in einigen Ländern wichtiger Umstand, besonders dort, wo die Temperatur während bestimmter Jahrszeiten unter den Gefrierpunkt fällt. Man muss indessen doch nicht vergessen, dass Küsten, an welchen Brechwogen die Klippen bei hohem Wasserstande erreichen, häufig bei niederem Wasserstande durch einen Strand geschützt sind, und darum der abreibenden Kraft der Wogen während der ganzen Zeit entzogen sind, wo sie auf den schützenden Strand fallen — eine Zeit, die mit dem wechselnden Zustand der Fluth und Ebbe und dem Wetter im Allgemeinen wechselt.

Bald wird man wahrnehmen, dass die abreibende Wirkung der Brandung an Küsten durch manche Umstände modificirt wird. Man wird finden, dass die Zerstörung von Küsten, besonders bei weicheren Felsmassen oft sehr durch Landquellen beschleunigt wird, die gleichsam Theile der Klippe in die Gewalt der Brandung schieben, indem sie bestimmte Schichten oder Schichtentheile so befeuchten, dass ein Theil der Klippe seine Cohäsion verliert und nach dem Meere fällt. Der Verlust, den einige Küsten auf diese Weise erleiden, ist sehr beträchtlich.

Fig. 40.

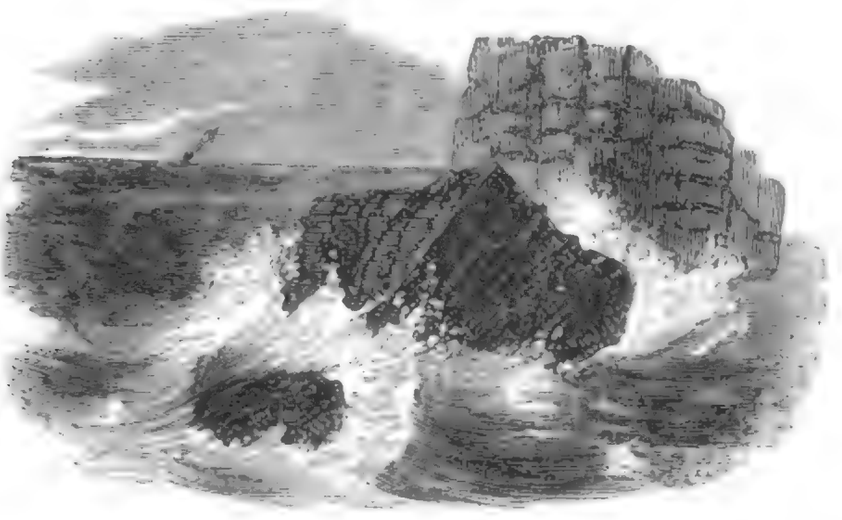


An anderen Orten finden wir, wie in der beigefügten Skizze, Fig. 40, die höheren Theile von Klippen über das Meer hängen, wo die Theile des Gesteins so fest verbunden sind, dass die Brandung die unteren Theile der Klippe in der

Digitized by Google

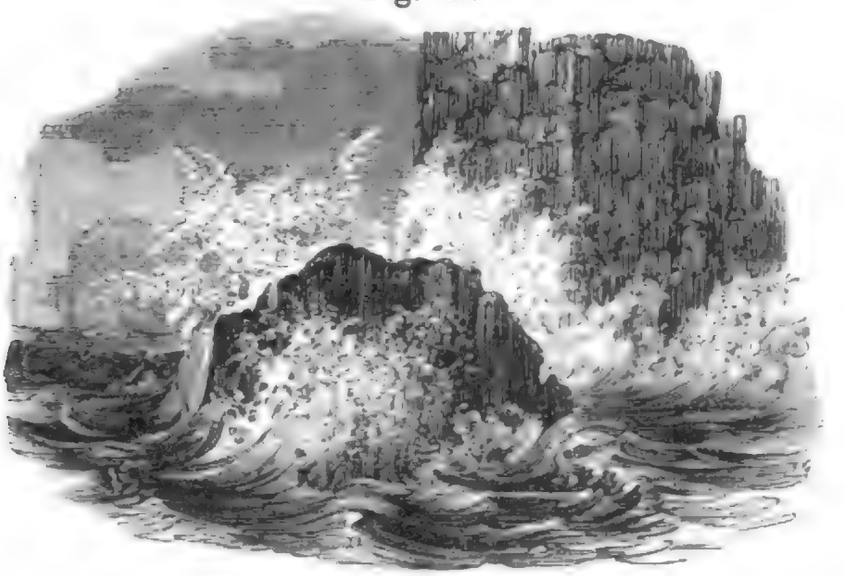
hier dargestellten Weise aushöhlen konnte. Wenn diese Thätigkeit fortdauert, so muss eine Zeit kommen, wo das Gewicht des überhängenden Theiles die Cohäsion des Gesteins überwiegt, und diese Masse zum Fallen bringt. Dieselbe wird dann gleichsam zu einem Molo für einen Theil der Klippe, und die Zeit, während welcher sie diese Wirkung ausübt, wird von der Art un W eise abhängen, in welcher sie gefallen ist, besonders wenn es ein geschichtetes Gestein war. Besteht es aus Felsmassen, deren Neigung nach dem Meere zu gerichtet ist, wie in der folgenden Skizze, Fig. 41, so hat die Brandung

Fig. 41.



weniger Gewalt, als wenn die Schichtenköpfe nach dem Meere liegen, wie auf dem folgenden Bilde, Fig. 42, in welcher Lage sie der zerstörenden Thätigkeit des Meeres den geringsten Widerstand darbieten.

Fig. 42.



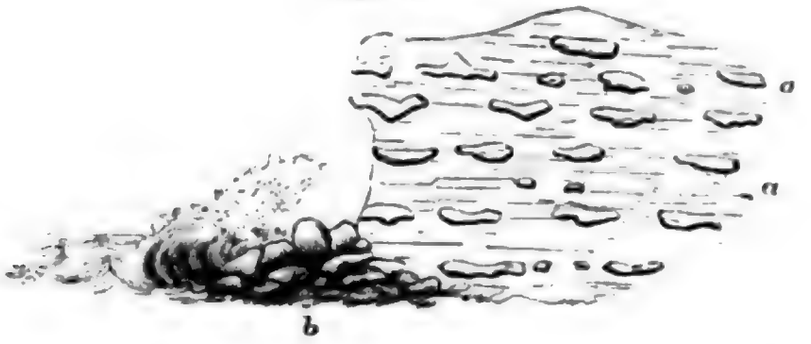
Bisweilen findet man, dass ein festes Gestein den höheren Theil einer Uferklippe bildet, während der untere Theil aus einer weicheren Substanz wie Thon oder Mergel besteht, und dass Massen des härteren Gesteins, die von oben fallen, eine Zeitlang dem unteren Theil der Klippe

Digitized by Google

Schutz gewähren. In Fig. 43 soll *a* den oberen Theil einer aus harten Gesteinschichten, z. B. Sandstein, gebildeten Klippe darstellen, während *b* ein Mergel oder Thon ist. Es wird dann die Wirkung des Meeres *d* auf die Klippe dieselbe unterhöhlen und den Fall von Massen des festen Gesteins *c* bewirken, welche sich an ihrer Basis anhäufen und sie nach der Menge des gefallenen Gesteins, der Grösse der Massen und ihrer Härte beschützen. Man findet auch, dass Klippen, die im Ganzen aus etwas weichen Gesteinen, Thon, Mergel, oder weichen Sandsteinen bestehen, an ihrer Basis durch eine Anhäufung der verhärteten Theile dieser Gesteine beschützt werden. In der folgenden Fig. 44 ist der Durchschnitt einer Klippe dargestellt, die aus Thon besteht, in welchem Knollen von thonigen Kalksteinen, wie *aa*, sogenannte Septarien liegen, die aus dem Thon ausgewaschen werden,

Fig. 43.

Fig. 44.



und sich an dem Strande *b* anhäufen. Diese dienen dann der Basis der Klippe gegen die zerstörende Wirkung der Brechwogen *c* zum Schutz. Das Studium irgend einer ausgedehnten Küstenlinie, welche aus horizontalen oder wenig geneigten Schichten von Gesteinen von ungleicher Härte besteht, wird zahlreiche Beispiele darbieten, wie Klippen durch die Ablagerung von ihnen selbst abgeleiteter Massen auf verschiedene Weise beschützt werden.

Man findet an den Küsten von England oft auffallende Beispiele von der Zerstörung des Landes durch die Wirkung der Brandung, so dass von dem Lande abgetrennte Felsmassen in dem Meere stehen bleiben, die früher offenbar einen Theil davon bildeten. Die folgende Skizze, Fig. 45 (s. f. S.), der Klippen von Bedruthan in Cornwall giebt eine Idee von der Art und Weise, in welcher einige Küsten durch die Brandung zerstört werden. Die hier dargestellten Inselchen sind durch eine Abreibung der jetzigen Klippen des Landes gebildet worden,

Digitized by Google

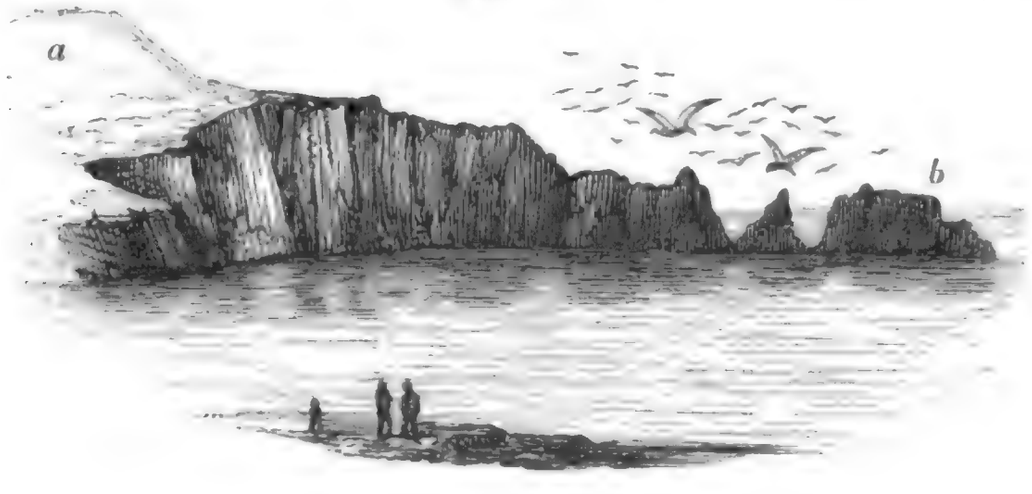
wobei etwas härtere und der Thätigkeit der Brandung besser als der Rest widerstehende Stücke übrig geblieben sind. Die Brandung arbeitet

Fig. 45.

nicht selten um Theile der Klippe herum und bildet ein Loch durch einen vorspringenden Theil oder eine Landzunge. Dieses wird durch die Fortdauer derselben zerstörenden Thätigkeit allmälig erweitert, das Dach fällt aus Mangel einer Stütze und die Landspitze wird zu einer Insel, um welche herum die Brandung ihre Thätigkeit fortsetzt, und allmälig die Entfernung zwischen ihr und dem Hauptland vergrössert. Unterhalb *a* in der Figur sieht man eine Stelle, die sich eben von dem Hauptlande trennt und zu einer Insel bildet.

Es lässt sich erwarten, dass bei der Zerstörung der Küsten durch Brechwogen unzählige Beispiele von der ungleichen Wirkung auf die härteren und weicheren Substanzen vorkommen, je nachdem sie der auf sie wirkenden zerstörenden Thätigkeit ausgesetzt sind, so dass lange Kanäle und Engen und Buchten von den mannigfaltigsten Formen an manchen Orten entstehen, während an anderen Küsten die festen Felsen vorspringen. Die folgende Skizze, Fig. 46, von Polventon Bucht öst-

Fig. 46.

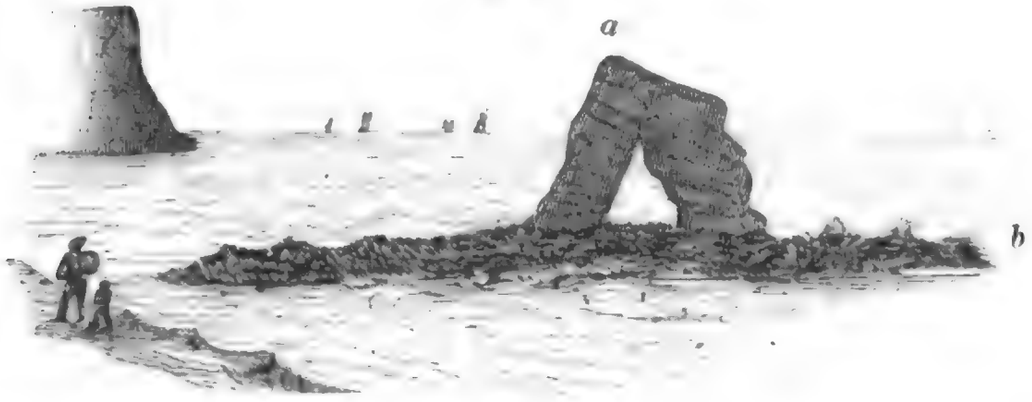


Digitized by Google

lich von Trevose Head in Cornwall mag als ein Beispiel betrachtet werden, wie ein Hafen durch die Wirkung der Brandung gebildet wird, die so den Schiefer *a* von einem Kamme festen Grünsteins *b* abgearbeitet hat, dass der letztere einen natürlichen Molo bildet, der der Merope-Fels heisst, und Schutz vor den Nordwestwinden gewährt, welche oft heftig sind und an dieser Küste sehr gefürchtet werden.

Man findet an Küsten nicht oft, aber doch bisweilen blosse Spuren von Schichten, die auf anderen Felsmassen aufliegen, und die beweisen, wieviel von dem unterliegenden Gesteine durch die blosse Wirkung der Brandung entfernt wurde. Folgende Skizze, Fig. 47, giebt ein Bei-

Fig. 47.



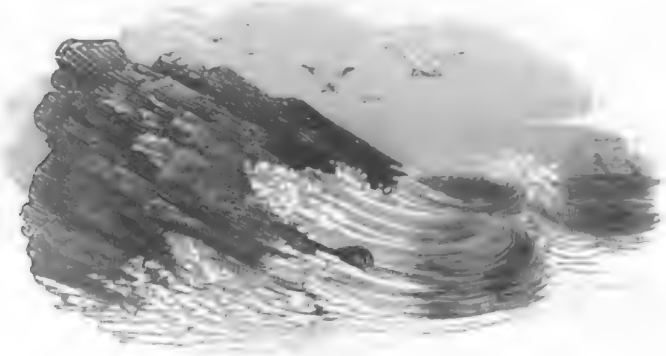
spiel hiervon. Sie stellt ein kleines Stück *a* von einem Conglomerat des bunten Sandsteins dar, das der Thurleston-Fels heisst, in Bigbury im südlichen Devonshire liegt und mit einem mässigen Fallen nach dem Meere zu ungleichförmig auf den Kanten der Devonischen Schiefer *b* aufliegt. Hier hat die Brandung fast ganz das rothe Conglomerat entfernt, welches auf den Schiefern abgelagert wurde, und ohne Zweifel dieselben einst viel ausgedehnter bedeckte, als jetzt zu sehen ist.

Bei der Beurtheilung der abnagenden Kraft der Brandung an einer ausgedehnten Küstenlinie muss man seine Aufmerksamkeit nicht nur auf die relative Härte der Felsmassen richten, aus welchen sie besteht, sondern auch auf die Lage der Schichten, wenn das Gestein geschichtet ist, und auf die Schieferungsebenen und die Klüfte. Man sieht bald, dass bei geschichteten Gesteinen die Küstenlinie unter sonst gleichen Umständen von der Richtung (dem Streichen) und der Neigung (dem Fallen) der Schichten abhängt. Ihre Lage in Bezug auf die Kraft der Brandung ist natürlich wichtig; denn wenn eine Reihe von Schichten, wie in der folgenden Skizze, Fig. 48 (s. f. S.), sich nach dem Meere hin neigt, so wird die Wirkung der auf sie fallenden Brechwogen verhältnissmässig gering sein, da die Rückkehr einer Brandung auf der geneigten Ebene die Kraft der zunächst darauf fallenden vermindert und die Kraft des Restes, welcher den Abhang hinauf stürzt, wird allmälig erschöpft und begegnet keinem directen Hinderniss, auf welches sie in zerstörender Weise wirken kann. Wo die Schichtenköpfe eines gegebenen Gesteins

Digitized by Google

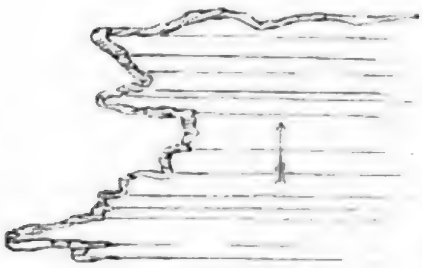
der Wirkung des Meeres ausgesetzt sind, da kann die abreibende Kraft der Brandung am erfolgreichsten ihre Wirkung äussern. Wenn in dem

Fig. 48.



folgenden Grundriss, Fig. 49, eine Küstenlinie dargestellt ist, die nach Norden und Westen offen liegt und die Abreibung durch die Brandung von beiden Richtungen gleich ist, so werden die hervorgerufenen Wirkungen von der Widerstandsfähigkeit der Gesteine selbst abhängen. Angenommen, das Land bestünde aus Schichten von Schiefern und Sandsteinen, die von Osten nach Westen streichen und mit einem Winkel von ungefähr 45° Graden nach Norden fallen, ferner angenommen, dass keine Schieferungsebenen vorhanden, und dass die Spaltung mit den Sandsteinschichten parallel geht, so wird die Widerstandsfähigkeit der Gesteine am grössten an der nördlichen Küste sein, da dort die Schichten sich alle nach dem Meere zu neigen, während dieselben Gesteine nach Westen zu stark abgerieben werden, indem die Ränder der Schichten in jener Richtung bloss liegen. Zahllose Einschnitte, ähnlich denen in dem Grundriss, würden das Resultat sein, indem die weichsten Schichten zu den tiefsten Buchten ausgearbeitet werden und die härteren die am meisten hervorstehenden Landzungen bilden.

Fig. 49.



In allen Untersuchungen bezüglich des Landverlustes durch die Wirkung des Meeres auf dasselbe kann man sich selten auf alte Küstenkarten verlassen, indem diese meistentheils sehr ungenau sind; es giebt in der That solche, die, mit einer guten, neuen Küstenaufnahme verglichen, einen Zuwachs von einer Viertelstunde und darüber an einer felsigen Küste zeigen, wo doch in der That ein beträchtlicher Verlust stattgefunden hat.

Wir haben gesehen, dass Klippen bald durch die alleinige Thätig-

keit der Brandung, bald durch die Vereinigung der letzteren mit der der Atmosphäre und Landquellen abgerieben werden. Die so unter den Einfluss des Meeres gebrachten Mineralstoffe müssen entfernt werden und die Beobachtung zeigt bald, dass, während ein Theil davon in mechanischer Suspension aufgenommen und durch die Bewegungen der Gezeiten oder Strömungen fortgeführt wird, ein anderer Theil zurückbleibt und der zermalmenden Thätigkeit der Brandungswellen an der Küste ausgesetzt ist. Dieser letztere Theil wechselt nothwendigerweise in Grösse von der eines Blocks, der nur durch die heftigsten und stärksten Schläge der Brandung bewegt werden kann, bis zu der eines kleinen Geschiebes, das zeitweise selbst durch eine geringere Brandung gehoben, aber bald wieder zu Boden sinkt, wenn es nicht mehr ihrem Einfluss unterworfen ist.

Bei Geschiebeufern sieht man, dass während eines heftigen gegen das Ufer setzenden Sturmwindes jede Woge der Brandung mehr oder weniger mit dem den Strand bildenden Material beladen ist, und dass die Gesteinsstücke so weit vorwärts gedrängt werden als die Woge reicht, wobei ihr Schlag gegen den Strand andere vor ihnen hertreibt, die nicht in temporärer, mechanischer Suspension gehalten werden. Gesteinsstücke werden auf diese Weise weit über den Bereich der zurückkehrenden Wogen geworfen und häufen sich dort in langen den Küsten parallelen Rücken an, besonders wo das Land hinter dem Strande niedrig ist. Heftige Stürme und hohe Fluthen vereinigt bringen natürlich die grössten Anhäufungen von Gesteinsbrocken an solchen Orten hervor, und obgleich gelegentlich hie und da in solchen Zeiten ein Einbruch sich bildet, so wird derselbe doch durch die aufhäufende Thätigkeit der Brandung schnell wieder ausgefüllt.

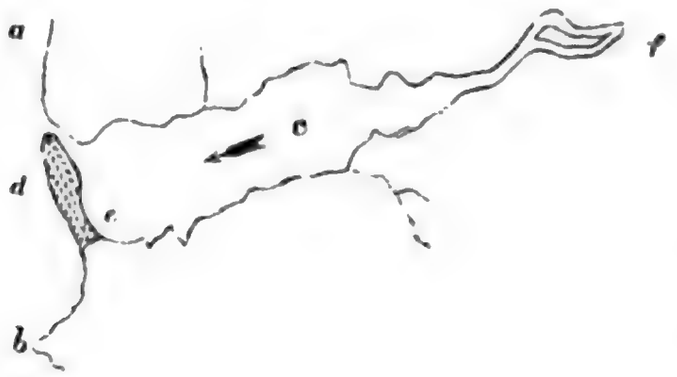
Bei einiger Aufmerksamkeit auf ein solches Ufer mit Geröllen wird man bald gewahr, dass zwar manche Stücke von einem Platz zum anderen, vorwärts und rückwärts bewegt werden, und Modificationen entstehen, indem die kleinen Strandstrecken wieder verschwinden, die nicht selten während gemässigtem Wetter entstehen, dass aber die Geschiebe im Ganzen in der Richtung der vorherrschenden Brandung bewegt werden, bis ein vorspringender Theil der Küste sie aufhält. Dies muss stattfinden, wenn irgend eine Kraft auf die Geschiebe in einer Richtung mehr als in einer anderen wirkt, denn dann müssen sie in Uebereinstimmung mit dieser sich bewegen, und die Beobachtung zeigt, dass dieses wirklich der Fall ist, denn wir finden nicht nur Geschiebe von bekannten Gesteinen, die dergestalt von einem bestimmten Theil der Klippe herbewegt wurden, sondern wir finden auch immer, obgleich die Brechwogen sich den Krümmungen einer Küste anzupassen scheinen, eine einigermassen schiefe Thätigkeit in Folge der Hauptrichtung des Windes.

Eine der einfachsten Formen, in welcher sich die Geschiebe eines

Digitized by Google

Strandes bewegt haben, ist da, wo wir, wie in (Fig. 50), eine Zunge *d* finden, die aus Geschieben besteht, welche offenbar von einer Küste *b* herrühren, die sich in der Richtung erstreckt, von wo die vorherrschenden Winde kommen und wo die Geschiebebank die gegenüberliegende Küste *a* nicht erreichen kann, in Folge des Aus- und Einströmens der Ebbe und Fluth in eine Bucht (*e*, *c*), in welche sich ein Fluss (*f*) an dem oberen Ende ergiesst. In solchen Fällen, die sehr häufig vorkommen, kann die Strömung des Wassers den Kanal zwischen der Bank *d* und der Küste, aber nicht in der Richtung der vorherrschenden Winde offen halten, da die Ebbe, besonders wenn der Fluss voll ist, den Weg offen hält und Geschiebe, die sich vor die Bucht legen und sie abschliessen wollen, fortführt.

Fig. 50.



An der Küste von Devonshire finden sich bei Teignmouth und Exmouth gute Beispiele von der Bildung solcher Landzungen, die sich aber in verschiedenen Richtungen erstrecken, wobei man deutlich sieht, dass die Richtung der vorherrschenden Brandung die Ursache der verschiedenen Richtungen dieser Strandbildungen ist. In Teignmouth rührt nur ein kleiner Theil des Strandes von den Gesteinen nach Süden her und die Flussmündung ist vor den Süd- und Südwestwinden geschützt, aber nach Osten und Nordosten offen. Deshalb wird der Strand nach Süden getrieben und der Fluss hält seinen Kanal offen, indem er gegen die festen Klippen von Ness Point ausfliesst. Das Umgekehrte ist der Fall in Exmouth.

An den englischen Küsten, z. B. von Looe Pool, bei Helstone in Cornwall und Slapton Pool in Start's Bay, in Devonshire giebt es verschiedene Beispiele, wo das Flusswasser nicht hinreicht, mit der einen Strand aufhäufenden Thätigkeit der Brandung zu kämpfen, weshalb der Ausfluss für das süsse Wasser vollständig von einem Strand geschlossen und Seen dahinter gebildet werden, wobei der Ueberschuss des Wassers durch die Geschiebe durchsickert. Es giebt die verschiedensten Modificationen von diesem Zustand der Dinge bis zu dem Ausfluss eines Flusses dicht an einer festen Klippe. An vielen Orten, die dem Meere ausgesetzt sind, findet man die kleineren Ströme entweder abgedämmt durch Sandbildungen oder dieselben durchschnitten, je nach dem Zustande des Wetters. Ein heftiger Sturm vom Meere her wirft eine Barre auf, die ein Hochwasser vom Lande entfernt, und so wechseln die Verhältnisse mit der grössten Mannigfaltigkeit. Die folgende

Digitized by Google

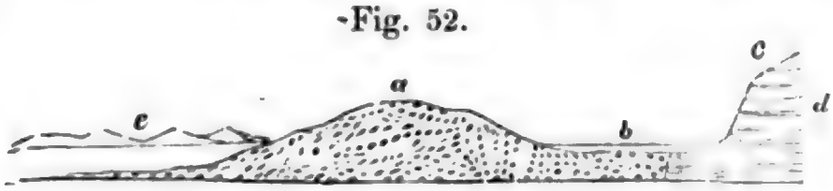
Fig. 51 ist ein Durchschnitt durch den Strand und den See bei Slapton Sands in Start's Bay, wo *a* das Meer ist, welches den Strand *b* auf-

Fig. 51.

wirft; *c* der Süsswassersee hinter dem Strande, *d* der verwitterte und zersetzte Theil der Schieferfelsen *e*. Dieser Durchschnitt ist auch darum interessant, weil er zeigt, dass während des jetzigen Niveaus von Land und Meer an jenem Orte, das Meer auf den Hügel *de* nicht gewirkt hat, da die lockere unzusammenhängende Substanz von *de* leicht würde entfernt worden sein.

Die Chesil-Bank an der Küste von Dorsetshire giebt ein gutes Beispiel von dem Forttreiben von Geschieben in einer bestimmten Richtung durch Brandwogen, welche von vorherrschenden Winden herrühren. Sie ist ungefähr 3 deutsche Meilen lang und verbindet die Insel Portland mit dem Lande und hinter ihr liegt ein schmaler Streif von Salzwasser, der unter dem Namen Fleet bekannt ist. Wegen ihrer Lage brechen sich die grossen Wellen und Brandungen oft wüthend an dieser Bank, und diese beschützt Land, welches sonst bald von ihnen weggerissen sein würde. Die folgende Fig. 52 ist ein Durchschnitt durch

Fig. 52.



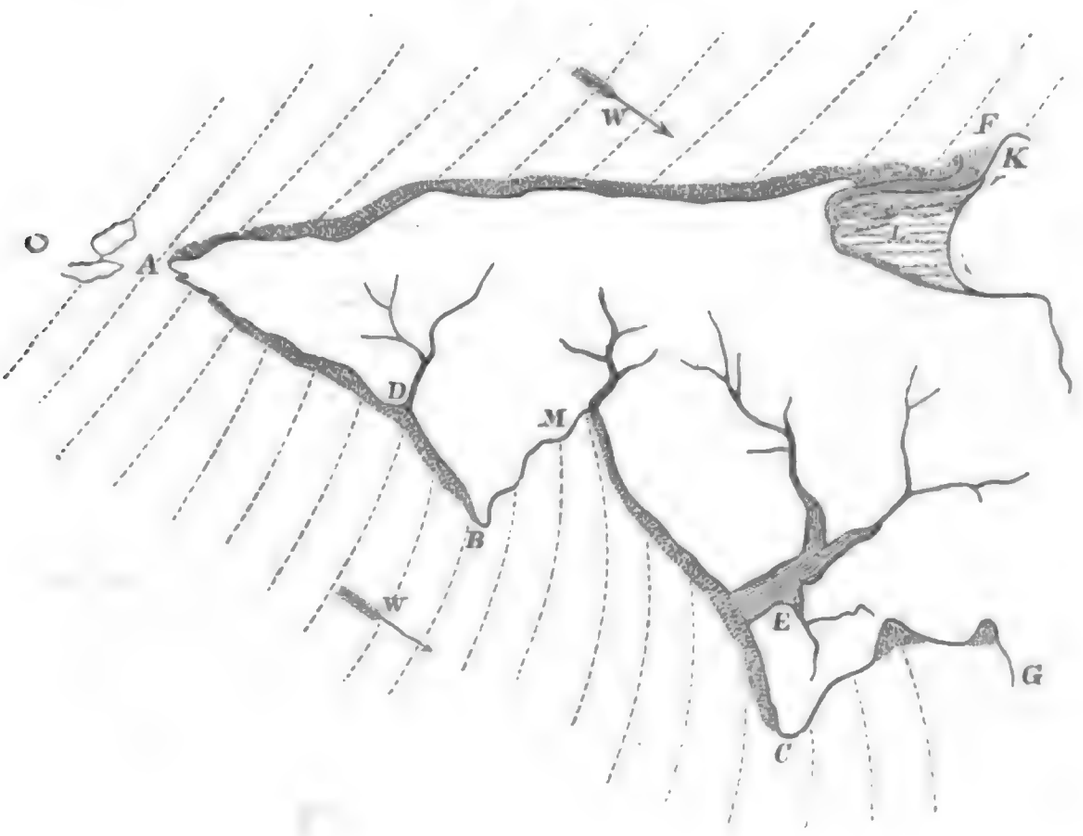
die Chesil-Bank *a*; *b* ist das Wasser, die Fleet, *c* niedrige durch die Wellen der Fleet und durch Einstürzen in Folge von Landquellen gebildete Klippen, *d* Felsmassen von der Oolithformation, die durch die Chesil-Bank geschützt werden, und *e* ist das Meer, das nach dem Atlantischen Ocean zu offen ist. Auch in diesem Falle scheint sich uns ein Beispiel zu bieten, dass die Atlantischen Wogen das Land nicht erreichten seitdem das relative Niveau von Meer und Land so war, wie es jetzt ist. Ein langsames Sinken der Küste dürfte wohl die beobachteten Phänomene erklären, und ist eine Annahme, die mit den früher bei den Slapton Sands bemerkten Thatsachen übereinstimmt.

Der Weg, den die Geschiebe an einer Küste nehmen, obgleich je nach den Verhältnissen sehr modificirt, wird durch den folgenden Plan (Fig. 53 a. f. S.) erläutert, in welchem *GCBA* und *F* eine Küste darstellt, welche den vorherrschenden Westwinden ausgesetzt ist. Die Richtung der Wellen ist durch die punktirten Linien bezeichnet, die sich

Digitized by Google

hinter schützenden Vorsprüngen nach innen krümmen. In Folge der Gestaltung der Küste und ihrem Offensein gegen die Wirkung der Bran-

Fig. 53.



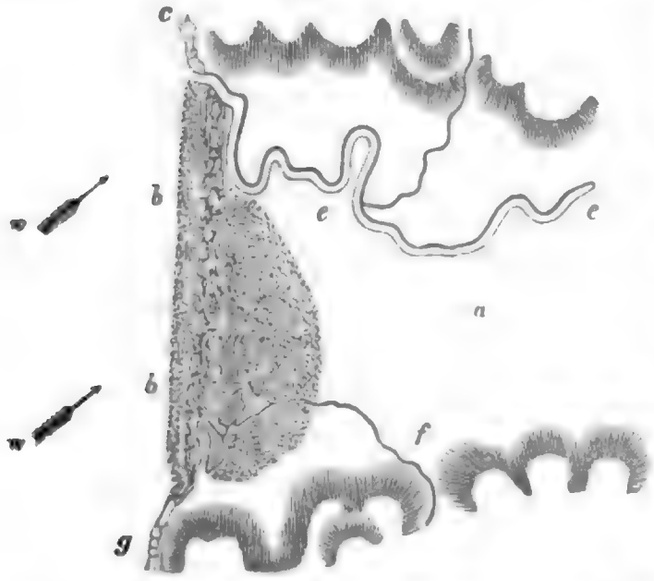
dung gehen die Geschiebe von *A* nach *F* auf der einen Seite und von *A* nach *G* auf der anderen. Längs der Linie *A F* werden sie auf ihrem Wege geringe Hindernisse finden, bis sich der Fluss rechts zeigt, wo *K* eine Klippe von festem Gestein darstellt und *F* die Bank, welche dem früher berührten Verhältnisse ihre Entstehung verdankt (Seite 56). Zwischen *A* und *G* werden die Wirkungen verschieden sein, besonders wenn man voraussetzt, dass die Landspitze *B* in tiefes Wasser vorspringt. Ist der Fluss *D* klein, so wird sich der Strand vor seine Mündung legen und nur während starker Fluthen entfernt werden, so dass die Geschiebe gegen die Spitze geführt werden, dort niederfallen und sich in tiefem Wasser anhäufen. Wenn *C* eine andere Landspitze ist, die in tiefes Wasser vorspringt, so wird sie nur den Fortschritt der Geschiebe aufhalten, die von *M* sich dahin bewegen, und ein Strand wird den Eingang des Meeresarmes *E* schliessen, wenn er seicht ist und sich unter Verhältnissen befindet, wie in Looe Pool und Slapton, wo das Wasser vom Lande unfähig ist, den durch die Brandung aufgehäuften Strand fortzutreiben.

Bei *L* (Fig. 53) wird hinter dem schützenden Geschiebestrand *F* aus dem durch die Fluth aufgestauten Wasser des Flusses ein Marschland abgesetzt, wenn der Fluss nach Regengüssen Detritus in mechanischer Suspension mit sich führt. Der folgende Grundriss (Fig. 54) mag

Digitized by Google

die Modification zeigen, die man oft beobachtet, wo die Strandzunge aus Sand besteht, hinter welchem Sandhügel liegen. *a* stellt eine niedere und flache Landstrecke dar, die entweder durch die Ausfüllung eines Meeresarms unter jetzigen Verhältnissen entstanden ist oder den Boden eines jetzt erhobenen früheren Meeresarmes bildet; *b b* ist ein aus Sand bestehender Strand und Sandhügel, welche das niedere Land vor den Einbrüchen des Meeres schützen; *e e* ist ein Fluss, der in das Meer fliesst, indem er sich dicht an die harte Klippe *c* hält. Wir haben angenommen, dass ein kleiner Bach, wie *f*, vorhanden ist, der sich nicht mit dem Hauptfluss vereinigt, sondern sich in Wassertümpeln zwischen den Sandhügeln verliert, wobei der Schlamm des Baches den Flugsand befestigt und verkittet und ihn fähig macht, eine Vegetation zu tragen, welche unter anderen Umständen nicht die Verhältnisse für ihr Gedeihen gefunden haben würde.

Fig. 54.



An solchen Stellen ist oft ein bedeutender Kampf zwischen der Thätigkeit des Meeres, welches, durch die vorherrschenden Winde *w w* gepeitscht, Sand auf den Strand *b b* aufhäuft, unterstützt von der Wirkung des Windes auf die Sandhügel und dem Wasser des Flusses. Die Wirkung eines solchen kleinen Baches, wie *f*, giebt nicht selten dem Ende des Strandes und den Sandhügeln gegen *g* hin bedeutende Festigkeit, während der gegen den Hauptfluss gewehte Sand durch denselben wieder ins Meer geführt wird, besonders zur Zeit der Ueberschwemmungen.

Wir wollen jetzt die sandigen Ufer und die Sandhügel ins Auge fassen, die sich oft an Küsten finden. Der Sand am Meeresufer kommt von den Flüssen her, die ihn in mechanischer Suspension mit sich führen oder denselben auf ihrem Grunde vorwärts zum Meere spülen, ferner von dem Abreiben von Sand- und Sandsteinklippen durch die Brandung, wodurch sie endlich zu Sand werden. Zu diesen Ursachen kommt an manchen Orten die Zerreibung von Muscheln und Korallen, die das Meer auswirft und als Strand aufhäuft, bisweilen für sich oder mit gewöhnlichem Sande gemengt.

Was das gewöhnliche Vorkommen von Ufersand von einem gewissen Grade der Feinheit angeht, so ist zu bemerken, dass, wenn der Detritus sich diesem Zustande nähert, derselbe immer schwerer auf eine geringere Grösse gebracht werden kann, da er dann immer leichter

Digitized by Google

von der Brandung mechanisch gehoben wird, und deshalb nicht so leicht sich Korn gegen Korn reiben kann. Ist das Sediment einmal durch die gewöhnliche Thätigkeit der Wogen und Strömungen in mechanischer Suspension entfernbar, so wird der feinere Theil an Orte getragen, wo er in Folge der nöthigen Ruhe des Wassers abgelagert werden kann, eine Ruhe, die entweder von der Tiefe herkommt, oder von dem Schutz vor den Wogen und Strömungen, die die Ablagerung stören können.

Die Anhäufung von Sandhügeln kann sowohl da studirt werden, wo sie in kleinerem Maassstab stattfindet, wie an verschiedenen Theilen der englischen Küste, als in allen Theilen der Welt, wo die Küsten oft auf hunderte von Meilen nichts als Sanddünen zeigen. Eine niedrige Küste, die von einem seichten Meere begrenzt und der Brandung ziemlich ausgesetzt ist, ist zu ihrer Hervorbringung gewöhnlich hinreichend. In je grösserer Breite das Ufer bei niedrigem Wasserstande trocken ist, in solchen Meeren, die Ebbe und Fluth haben, und je mehr es vorherrschenden Winden ausgesetzt ist, desto grösser ist unter sonst gleichen Verhältnissen die Anhäufung von Sandhügeln. Die Ursache davon ist klar. Eine grosse Sandfläche zwischen den Grenzen des höchsten und niedersten Wasserstandes und unter dem Einflusse eines heftigen gegen das Ufer wehenden Windes wird bald theilweise auf seiner Oberfläche ausgetrocknet und der trockene Sand wird ins Land ausser dem Bereich der Fluthbrandung geführt, die etwa diesen Sand wieder aufgenommen und von Neuem verbreitet haben könnte.

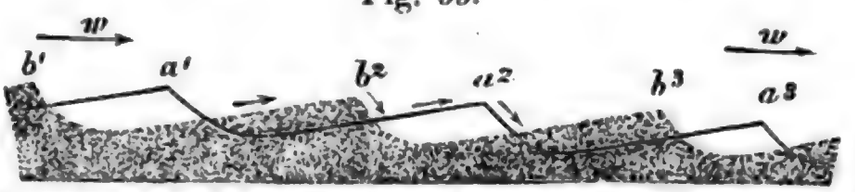
Um dieses zu beobachten, muss man einen Tag wählen, an welchem ein heftiger Wind vom Meere her über eine Sandfläche weht, und je trockener die Atmosphäre ist, desto besser. Man sieht dann, wie die Sandkörner auf das Land geführt werden, und verschiedene Modificationen der Oberfläche entstehen, wenn die Sandablagerung zwischen Algen oder Gerölle stattfindet. Während viele Sandkörner durch den Wind in einer Höhe von einem Zoll und mehr über der sandigen Fläche getragen werden, bringt die Reibung der Luft auf die letztere eine solche Hemmung der Windströmung hervor, dass ähnliche Sandkörner bloss längs des Bodens geschleift werden. In dieser Hinsicht kommt dies vollständig mit der früher erwähnten Bewegung von Detritus in Flussbetten überein. Der Unterschied liegt bloss darin, dass in dem einen Fall die bewegende Kraft Luft, in dem anderen Wasser ist. Die Thätigkeit ist in der That so vollständig einerlei, dass die durch die Reibung von Wasserströmungen über sandige Anhäufungen hervorgebrachten Furchen und Rücken mit Vortheil studirt werden können, wo Wind über Sand treibt.

Um zu beobachten, wie der Sand Hügel und Thäler macht, und sich weiter bewegt, muss man eine Zeit wählen, wenn der Wind nicht hinreichend kräftig ist, um den Sand mechanisch zu tragen, sondern

Digitized by Google

bloss ihn vorwärts zu treiben und zu drängen. Die Rücken werden gebildet, Fig. 55, durch das Treiben der Körner durch den in der Rich-

Fig. 55.



tung *ww* bloss mit solcher Kraft wirkenden Wind, dass er die Körner auf der Oberfläche bewegt, wobei die Hemmung auf die darunter durch Friction so wirkt, dass die bei b^1 auf den Rücken a^1 getrieben werden, und durch Anhäufung hinunter in die Furche b^2 fallen, und so weiter mit den Rücken a^2 und a^3, wobei eine Windstärke vorausgesetzt wird, welche die Rücken bis auf ein allgemeines Niveau oder eine Krümmung abschneidet. Wie die Reibung fortdauert, rücken die Kämme der Rücken vorwärts und ihre Plätze werden durch Furchen ersetzt, und diese abermals durch Rücken. Wenn die Geschwindigkeit des Windes für Untersuchungen dieser Art günstig ist, so sieht man am besten das Vorrücken der Rücken, wenn man sich in die bewegte Oberfläche stellt und seine Aufmerksamkeit auf die nächsten Rücken richtet, wobei man die Hindernisse nicht vergessen darf, die die Füsse machen, wodurch einige leicht begreifliche Modificationen eintreten.

Wenn der auf die erwähnte Weise vorwärts gedrängte, oder bei hinreichend kräftigem Winde mechanisch getragene Sand an dem Rande des Ufers angekommen ist, so bildet er Reihen von Sandhügeln, die in einigen Ländern für lange Küsten sehr charakteristisch sind. Durch ihre Anhäufung und ihre Neigung, sich nach dem Lande zu in der Richtung der vorherrschenden und stärksten Winde zu bewegen, bringen sie Veränderungen in den benachbarten Niederungen und selbst auf beträchtlichen Abdachungen benachbarter Hügel hervor. Der Sand in dem Busen von Biscaja giebt ein belehrendes Beispiel von diesen Eingriffen auf das Land und die dadurch hervorgebrachten Modificationen, und man weiss, dass dort in der historischen Zeit grosse Veränderungen hervorgebracht worden sind.

Das Vorrücken dieser Dünen ist unwiderstehlich und beträgt jährlich 60 — 72 Fuss. Sie drängen Süsswasserseen vor sich her, welche sich durch den Regen bilden, der sich nicht in Bächen in das Meer entleeren kann. Wälder, Culturboden und Häuser verschwinden unter ihnen. Viele im Mittelalter erwähnte Dörfer sind begraben worden, und vor einigen Jahren hiess es, dass in dem Departement des Landes allein zehn Dörfern der Untergang drohe. „Eins von diesen Dörfern, Mimisan," sagt Cuvier, „kämpft seit zwanzig Jahren gegen die Dünen; und einen mehr als sechzig Fuss hohen Sandhügel sieht man gleichsam vorrücken. Im Jahre 1802 verbreiteten sich die Seen über fünf schöne Landgüter, die zu St. Julien gehörten; sie haben seit der Zeit eine

Digitized by Google

römische Heerstrasse bedeckt, welche von Bordeaux nach Bayonne führte und welche man noch vor ungefähr vierzig Jahren sah, wenn die Wasser niedrig waren. Der Adour, der einst bei Vieux Boucaut floss und am Cap Breton ins Meer fiel, hat jetzt seinen Lauf um mehr als tausend Toisen verändert." (Cuvier, Dissert. sur les Revolutions du Globe.)

Es giebt wenig ausgedehnte Küsten, die nicht Gelegenheit zur Beobachtung der Sandhügel und der Art ihrer Anhäufung und Veränderungen darbieten; denn heftige Winde bringen selbst auf weniger ausgesetzter Oberfläche eine beträchtliche Veränderung ihrer Form hervor. Spätere Anhäufungen, die man an den Resten der Vegetation erkennt, die zu Zeiten auf der Oberfläche sich festsetzen konnte, werden wieder fortgeführt und zu anderen Hügeln aufgehäuft, wobei neues Material aus dem Meere der Masse zugeführt wird. Bisweilen drängt die Wirkung eines heftigen Landwindes Sand zum Meere zurück, und wirkt nicht nur auf die Sandhügel, über welche er weht, sondern auch auf die trockene Sandfläche, die zwischen dem hohen und niedrigen Wasserstande blossgelegt wird, oder auf welche die Wirkung noch stärker ist, wenn sie zwischen dem höchsten Stande der Springfluthen und der niedrigsten Ebbe längere Zeit trocken bleiben.

Da der meistens in den Dünen vorkommende Sand gewöhnlich zu keiner bedeutenden Höhe von den Winden mechanisch getragen wird, so sieht man in solchen Districten bald, wie die Thätigkeit fliessenden Wassers, selbst kleiner Bäche, wenn ihr Lauf nicht gehemmt und ziemlich schnell ist, die Ausdehnung von Flugsand hemmt. Der in die Bäche fallende Triebsand wird durch das Wasser weiter getragen und kann sie deshalb nicht überschreiten. Auch findet man, dass Triebsand bisweilen durch das Ein- und Ausfliessen der Fluth aufgehalten wird.

Die Art, wie thierische und pflanzliche Ueberreste, sowohl des Landes wie des Meeres, in Sandhügeln sich vermischen, ist von geologischem Interesse. Stücke von trockenem Seetang werden häufig unter die Landvegetation der Sandhügel gemischt und Landschnecken, die man oft an solchen Orten in Menge findet, werden mit Meeresmuscheln oder ihren Bruchstücken vermengt.

An vielen Orten bestehen die Sandhügel zum grossen Theil aus Trümmern von Muscheln, die durch die Brandung zerkleinert wurden, und in solchen Fällen werden dieselben oft durch ein Bindemittel verkittet, so dass sie so hart wie manche Sandsteine werden. Die Kohlensäure des Regenwassers oder als Product zersetzter vegetabilischer Substanzen, wenn Pflanzen auf der Sandfläche wachsen, wirkt auf den kohlensauren Kalk der Muscheln, löst ihn als doppelt kohlensauren Kalk auf, dieser schlägt sich durch den Verlust eines Theils Kohlensäure wieder nieder und verkittet die Sandkörner. Solche Gesteine sind

Digitized by Google

oft so hart, dass sie als Bausteine gebraucht werden können. Das Gestein, in welchem die bekannten Menschenskelette auf der Insel Guadeloupe gefunden wurden, ist auf diese Weise gebildet. .

Vertheilung und Ablagerung von Sediment in Meeren, die keine Ebbe und Fluth haben.

Da man Meere, die keine Fluth haben, als blosse Salzwasserseen betrachten kann, so würde die Vertheilung und Ablagerung von Sediment in ihnen im Ganzen denen von Süsswasserseen gleichen, besonders wenn sie die Grösse der grossen nordamerikanischen Seen haben, wenn nicht ein Unterschied in dem verschiedenen specifischen Gewicht ihres Wassers wäre. Wenn die durch Regengüsse angeschwollenen und mit Sediment beladenen Flüsse sich ins Meer ergiessen, so sieht man bald, dass ihre trüben Wasser nicht sinken, wie z. B. bei dem oberen Theil des Genfer Sees und zahllosen anderen Seen, sondern auf der Oberfläche des Meerwassers oft auf bedeutende Entfernungen fliessen. Die Ursache ist einfach die, dass diese Flusswasser trotz ihrer Trübung specifisch leichter als das Meerwasser sind, bis sie endlich aufgehalten werden und sich mit dem Seewasser mischen, wo die feineren Stoffe zu Boden sinken.

Die Entfernung, bis zu welcher mit Sediment beladenes Flusswasser bisweilen fliesst und dasselbe allmälig fallen lässt, ist bei grossen Flüssen der Erde, namentlich wenn sie voll und trüb sind, oft sehr beträchtlich. Sabine bemerkt, dass man 50 deutsche Meilen von der Mündung des Amazonenstromes trübes, von diesem Flusse herrührendes, Wasser mit einem specifischen Gewicht von 1,0204 auf dem Meereswasser findet, dessen spec. Gew. 1,0262 ist, und er schätzt die Mächtigkeit dieser leichteren Wasserschicht auf 126 Fuss. Thatsachen dieser Art sind höchst wichtig, da sie uns zeigen, wie weit Sediment auf diese Weise aus dem Bereich der Ebbe und Fluth und der Küstenströmungen getragen werden kann. Da viele Stoffe in Auflösung auf diese Art fortgeführt werden, so giebt es hier noch einen weiten Spielraum für Untersuchungen bezüglich der Art und Menge dieser Substanzen.

Das Mittelländische Meer liefert wegen der verschiedenen Tiefe an seinen Ufern ein gutes Beispiel von der Art der Ablagerungen, wie sie in Meeren ohne oder mit einer sehr geringen Ebbe und Fluth stattfinden. Die grossen Flüsse, welche sich in dasselbe ergiessen, wie der Nil, der Po und die Rhone, führen jetzt wenig Sediment mit sich, das nicht fein zerkleinert ist und leicht in mechanischer Suspension getragen wird. Der Nil, der jährlich eine Wassermenge in das Mittelländische Meer bringt, welche 250mal die aus der Themse übertrifft, der im Juni zu steigen anfängt, seinen höchsten Wasserstand im August er-

Digitized by Google

reicht und dann bis zum nächsten Mai fällt, muss wegen seines periodischen Steigens und Fallens feines Sediment mit grosser Regelmässigkeit herbeiführen und da wo andere Verhältnisse es nicht hindern, abwechselnde Lagen oder Schichten von Thon und Schlamm von beträchtlicher und gleichförmiger Dicke und Charakter absetzen. Ein Theil der aus dem Innern hergeführten feinen Stoffe wird in den von dem Nil durchströmten Niederungen abgelagert, und man hat berechnet, dass seit dem Anfang der christlichen Zeitrechnung Oberägypten um mehr als sechs Fuss erhöht worden ist. Die nicht auf diese Weise abgelagerten feineren Stoffe, die der Fluss weiterführt, werden nothwendiger Weise am weitesten fortgetragen, wenn der Fluss die grösste Stärke hat, nämlich im August jedes Jahres.

Das auf diese Weise ins Meer geführte Sediment kann längere oder kürzere Zeit, je nach der Bewegung der Oberfläche durch Winde, mechanisch getragen werden, aber im Ganzen muss es sich über einen bestimmten Flächenraum verbreiten, wobei im August die grösste Entfernung der Ablagerung vor der Mündung des Nils erreicht wird, obgleich die grösste Mächtigkeit einer jährlichen Ablagerung näher am Lande sein wird. Je weiter die Flussmündungen vorrücken, desto weiter werden sich die feinen Sedimentschichten in das Meer erstrecken und werden über einander greifen.

Wo die Oberfläche des Meeres die leicht geneigte Ebene des Sediments, theils im Meere und theils auf dem Lande schneidet, trennt die Brandung die feineren Substanzen von den gröberen, trägt die ersteren leicht in mechanischer Suspension und bewegt sie von dem Ufer nach Aussen. Das Resultat ist ein sandiger District mit Sandbänken, die Lagunen einschliessen, wie die Seen Mareotis, Burlos und Mansaleh in der folgenden Skizze des Nildeltas (Fig. 56).

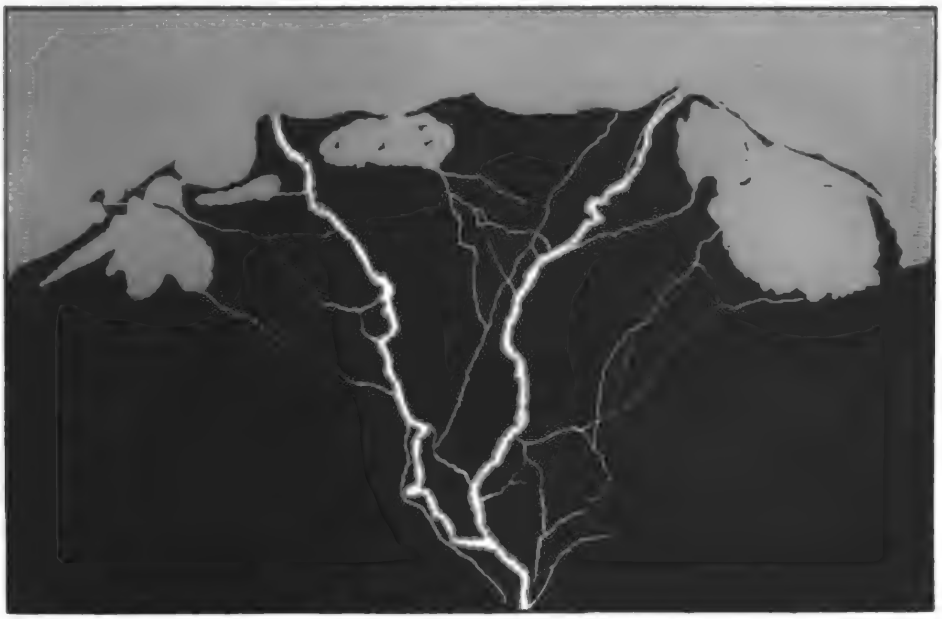
Diese Seen werden allmälig ausgefüllt, das Ufer rückt vor, der Boden des Mittelländischen Meeres wird seichter in jener Gegend durch die Anhäufung eines Sediments, das endlich zu einem Thon wird, selbst vorausgesetzt, dass das relative Niveau von Land und Meer durch eine lange Reihe von Zeitaltern dasselbe bleibt; der obere Theil wird sandig durch die Wirkung der Brandung im Meeresniveau und durch die gleichsam schlämmende Wirkung der Wogen weiter nach dem Meere hin, in einer Tiefe, wo dieser Einfluss gefühlt werden kann.

Wegen des periodischen Steigens des Nilwassers können die äquivalenten periodischen Ablagerungen selbst durch Streifen oder Schichten bezeichnet sein, die sich auf eine Entfernung erstrecken, welche in einem Verhältnisse steht zu der Tragkraft des Flusswassers, so dass die gröberen Theile in einer Zeit weiter und über grössere Flächenräume geführt werden könnten als in einer anderen. Da die Ablagerungen im Allgemeinen indessen allmälig nach dem Meere vorrücken, so werden

Digitized by Google

,die auf einander folgenden jährlichen Niederschläge als Ganzes über einander greifen.

Fig. 56.



Der Po und die Rhone haben nicht dasselbe bestimmte periodische Steigen ihres Wassers, obgleich es im Allgemeinen Zeiten im Jahre geben wird, wo mehr Stoffe fortgeführt werden, als in anderen. Mit diesem Unterschied werden die Ablagerungen des Po und der Rhone denen des Nils gleichen. An der Mündung der Rhone finden ausserdem noch Kalkablagerungen Statt. Mit dem Vorrücken der Ablagerungen bildete sich Schlamm oder Thon in der grössten Entfernung vom Lande, über welchen sich allmälig der von feineren oder schlammbildenden Theilchen in dem seichten Wasser und längs des Ufers getrennte Sand ausbreitete, der hier und da mit Thon oder Schlich abwechselte, welcher sich in den Lagunen ablagerte, die sich hinter den von der Brandung aufgeworfenen Strandlinien bildeten. Die historischen Beweise über die Veränderungen an der Po-Mündung sind von hohem Interesse. Cuvier bemerkt (Disc. sur les Révol. du Globe) darüber Folgendes: „Aus den Untersuchungen von Prony geht mit Bestimmtheit hervor, dass in alter nicht genau festzusetzender Zeit die Wellen des Adriatischen Meeres die Ufer bei Adria bespülten. Im zwölften Jahrhundert, ehe ein Bett für den Po bei Ficarrolo an seinem linken oder nördlichen Ufer sich gebildet hatte, war das Ufer bereits 9000 — 10,000 Meter von Adria entfernt. Die Enden der von den zwei Hauptarmen des Po gebildeten Landzunge erstreckten sich vor der Ausgrabung des Taglio di Porto Viro im Jahr 1600, oder in 400 Jahren zu einer mittleren Entfernung von 18500 Meter jenseits Adria,

Digitized by Google

was vom Jahre 1200 an eine jährliche durchschnittliche Zunahme des Alluviallandes von 25 Meter macht. Der äusserste Punkt der jetzigen einfachen, durch die Alluvionen der heutigen Arme gebildeten Landzunge ist bis zu 32,000 — 33,000 Meter jenseits Adria vorgerückt, daher das mittlere jährliche Vorrücken während der letzten 200 Jahre 70 Meter beträgt, was eine bedeutend schnellere Zunahme ergiebt, als in früheren Zeiten."

Diese Flüsse dienen bloss als besonders bemerkenswerthe Beispiele. Eine gute Karte des Mittelmeeres zeigt, dass es viele andere giebt, deren Fluthen nur Schlamm und Sand in dasselbe führen, wobei der schwerere Detritus die Ufer nicht erreicht, da der Fall des Flussbetts und die Kraft des Wassers nicht hinreicht. In allen solchen Fällen bestehen die Ablagerungen aus Schlamm oder Thon als Grundlage mit einer Sanddecke, so weit die oben berührten Ursachen thätig waren. Es ist klar, dass Thon sich in den Tiefen seewärts anhäufen kann, während der Sand vom Ufer gegen sie vordringt, so dass, wenn in einer zukünftigen geologischen Epoche das Ganze über das Niveau des Meeres erhoben würde, wir eine Schichte von Sand haben, welche eine andere von Thon bedeckt, deren Theile zwar zusammenhängen, aber sich zu verschiedenen Zeiten bildeten, und Theile des Thons Aequivalente für Theile des Sandes sind. Es wird gleichsam Zonen von Sand geben, die dem Vorrücken der Küste entsprechen und nicht von der gemeinsamen Schichte dessen getrennt sind, von dem sie einen Theil bilden, indem sie sich zu derselben Zeit, wie eine Schichte von Thon gebildet haben, welche eine Verlängerung der sandigen Decke in einer späteren Periode decken würde.

Dasselbe Meer liefert uns auch eine Menge Beispiele von kurzen Flüssen mit einem starken Fall und bisweilen bedeutender Wassermenge, die Geröll mit sich führen. Die Wirkungen sind dieselben, als wenn Bergströme sich in Seen ergiessen, mit dem Unterschiede, dass der schlammige Theil des Wassers über die Oberfläche des Meeres fliesst, wobei der Sand sich davon trennt. Je nach der Tiefe, die bisweilen beträchtlich ist, wird der Sand angehäuft; ist diese mässig, so fällt der Sand nicht weit von der Küste entfernt, während die Gerölle an dem Ufer sich anhäufen und die Mündung des Flusses sich ausdehnt. Obgleich die allgemeine Geröllschicht, auf deren oberen Theil die Brandung, wie auf irgend ein anderes Geröllufer wirkt, als ein Ganzes vorrückt mit einer ebenen oberen Fläche, so wird doch die Anhäufung von Grus oder Geschieben durch viele unregelmässige Vorsprünge gebildet, die durch Veränderungen in der Richtung der Flussmündung hervorgebracht werden. Wenn die Tiefe günstig ist, so können wir unter solchen Verhältnissen eine Ablagerung der folgenden Art (Fig. 57) erwarten, wo *a a* ein Durchschnitt des Landes ist, das aus Felsschichten besteht, die hier landeinwärts fallen, um sie von anderen Ablagerun-

Digitized by Google

gen deutlich zu scheiden, *b* das Bett des Flusses, welcher Geröll, Sand und Schlamm ins Meer bringt, dessen Niveau die horizontale Linie *e*

Fig. 57.

ist; *d* zeigt die zuerst über ein steiles Ufer geworfenen Gerölle, wo die letzteren zu Boden fallen und nur der Sand weiter nach aussen in einer regelmässigen Schichte abgelagert wird; *c* ist die Fortsetzung der Sandschichte nach dem Meere zu; *ff* ist der jenseits des Sandes abgelagerte und ebenso fortgesetzte Schlamm; *g* ist die Ausdehnung der Gerölle über dem Sande in irgend einer gegebenen Zeit. Bei einer solchen Ablagerung müssen wir, nachdem Sand und Kies sich über den Thon verbreitet hat, eine untere Schichte von Thon erwarten, darüber eine andere von Sand und über dem Sand Kies; wo Theile des Kies, Sandes und Thones ungeachtet des Zusammenhangs jeder Schichte in der angegebenen Weise Aequivalente in Bezug auf ihr Alter sind.

Wo die Tiefe weniger beträchtlich ist, werden wir eine Vermischung des Kies und Sandes in einer unregelmässigeren Weise finden, mit Structurverhältnissen, die von der Wirkung der Brandung auf dieselben abhängen, indem dieselbe die Gesteinsstücke nach rückwärts aufhäuft, während sie den Sand trägt, der dann durch das Flusswasser an Stellen, wo die Strömung desselben sich fühlbar macht, nach aussen geführt wird. Wie früher bemerkt, werden die feineren und mechanisch getragenen Theilchen über die Oberfläche des Meeres, je nach dem Volumen und der Geschwindigkeit des ausströmenden Flusswassers getragen werden, und zuletzt eine Schlamm- oder Thonschichte bilden. Es ist klar, dass wie das Volumen und die Geschwindigkeit des Flusswassers wechselt, so auch ihre Kraft, über den Einfluss der Brandung hinaus mechanisch getragene Stoffe von verschiedenem Volumen und Gewicht fortzuführen, und es können deshalb innerhalb einer gewissen Grenze vermischte Schichten von Sand, Schlich oder Schlamm je nach den Umständen gebildet werden.

Flüsse liefern nicht nur Material, welches an dem Ufer unter dem Einfluss der Brandung sich ordnet, oder in das Meer geführt und dort abgelagert wird, sondern jeder Fluss bringt auch Stoffe in chemischer Lösung, die den in dem Meere vorhandenen Lösungen zugefügt werden. In Meeren ohne Ebbe und Fluth führt jeder Fluss seine Lösungen in Wasser, welches in vieler Beziehung als stagnirend betrachtet werden kann, so dass an den Mündungen der Flüsse die so getragenen Substanzen innerhalb der Entfernungen vorherrschen, bis zu welchen die Flusswasser wirken können. An vielen Orten um das Mittelländi-

Digitized by Google

sche Meer führen die Flusswasser grosse Mengen doppelt kohlensauren Kalk in Auflösung. Während Korallen, Crustaceen und Mollusken denselben zur Bildung ihrer härteren Theile verwenden, dient wahrscheinlich ein bedeutender Ueberschuss zu Kalkablagerungen unter dem Meere. Die Flüsse, welche viel doppelt kohlensauren Kalk führen, werden bei vollem Wasserstand wahrscheinlich auch Sediment mit sich führen, so dass wir an der Mündung dieser Flüsse Zeiten haben, wo sie hell sind und im Vergleich zu dem Volumen des Wassers grosse Mengen doppelt kohlensauren Kalk mitführen, und wiederum Zeiten, wo diese Substanz in viel geringerem Verhältniss zum Wasservolumen vorhanden ist, dagegen feines Sediment vorwiegt. Unter solchen Verhältnissen werden sich abwechselnd Schichten von Schlamm und Kalk bilden, oder Schlamm, der zu einer Zeit kalkhaltiger ist, als zu einer anderen, so dass endlich der Kalk sich in Knollen trennt und in Linien, die den Zeiten entsprechen, in denen er in der grössten Menge von den Flüssen abgesetzt wurde. In ähnlicher Weise kann sich schwefelsaurer Kalk, der in einigen Flüssen häufig genug ist, mit dem Schlamm mischen, und endlich als Gyps krystallisiren, ein Mineral, das so häufig in verschiedenen Thonschichten gefunden wird.

Bei dieser Gelegenheit müssen wir auch nicht die Ablagerungen von vulkanischen Aschen und Rapillen vergessen. Das Mittelländische Meer liefert auch hierfür mehre charakteristische Beispiele, da sich an seinen Ufern thätige Vulkane finden. Der grosse Ausbruch vom Jahre 79 n. Chr., bei welchem Lavaströme Herculanum begruben und Pompeji mit Asche überschüttet wurde, muss auch eine grosse Menge von Asche und Rapillen ins Meer geführt haben, und wenn man die Entfernungen betrachtet, auf welche bei vulkanischen Ausbrüchen Asche verführt wird, so müssen sich dieselben auch weit verbreitet haben. Es ist klar, dass sich dieselben mit dem Sedimente, welches sie irgendwo im Meere vorfinden, mischen, und solche Ablagerungen mit einer Aschenlage bedecken, wo wegen der Tiefe oder aus anderen Ursachen Ruhe herrscht. Wo die Wirkung der Wogen auf den Grund oder der Brandung an den Küsten sich fühlbar macht, werden die Aschen, wie ruhig sie auch ursprünglich auf den Boden gefallen sein mögen, sich unter diesen Verhältnissen mit Schlamm, Sand oder Geröllen vermischen, so dass die Aschentheilchen zwischen ihnen verbreitet werden. Alle Flüsse, auf welche die Aschen fielen, trugen wahrscheinlich einen grossen Theil davon in mechanischer Suspension weiter, denn die feinen Stoffe, welche vom Winde getragen und auf grosse Entfernungen verführt werden können, werden sich nicht leicht durch Flusswasser zu Boden setzen.

Hiermit würden die tieferen Theile des Mittelländischen Meeres und besonders diejenigen, zu welchen durch die Bewegungen der Meeresströmungen oder der Flüsse keine anderen sedimentären Stoffe geführt werden können, die sein, wo die Aschenschichten am wenigsten

Digitized by Google

mit anderen Stoffen vermischt sind, ausgenommen die Ablagerungen im Meere aus chemischer Lösung, für die diese grosse Ruhe günstig ist. Wir kennen die Tiefen nicht, bis zu welchen kalkige Ablagerungen sich jetzt in dem Mittelländischen Meere bilden, aber sowohl in seichten, wie tiefen Stellen werden die darauf fallenden Aschen sich entweder in Schichten anhäufen oder sich mit dem Kalkstein vermischen, je nach der Schnelligkeit, mit welcher die Asche sich setzt oder der Kalk sich ablagert.

An den Ufern dieses Meeres giebt es nicht nur Vulkane von der Grösse des Aetna und Vesuvs, welche Aschen und Rapillen auswerfen, sondern wir haben hier selbst das Aufsteigen eines Vulkans aus tiefem Meere, nämlich der Insel Julia oder Graham, im Jahre 1831, zwischen der Insel Pantellaria und der Küste von Sicilien. Schwarze Aschensäulen entstiegen dem Krater bis zu einer Höhe von 3000—4000 Fuss und breiteten sich weithin selbst gegen die Richtung des Windes aus. Der obere Theil der Insel über dem Meere wenigstens scheint allein aus Asche, Rapillen und kleinen Gesteinsstückchen bestanden zu haben. Zwischen diesen bemerkte man Stücke von Kalkstein und Dolomit und ein mehrere Pfund schweres Sandsteinstück, die offenbar durch die vulkanischen Kräfte von Schichten solcher Gesteine losgerissen und ausgeworfen worden waren.

Eine so zusammengesetzte Insel konnte nicht lange der zerstörenden Wirkung der Brandung widerstehen, und sie wurde durch dieselbe, sobald der Ausbruch von Aschen, Rapillen und Steinstücken aufhörte, wieder weggerissen und zu einer Untiefe reducirt. Während dem sich diese vulkanische Masse anhäufte, musste sich eine grosse Menge Asche und Rapillen mit dem benachbarten Meere mischen, ehe die Insel die Oberfläche erreichte, und ebenso dann, als der Ausbruch an der Luft Statt hatte. Fügt man hierzu noch die von der Brandung mechanisch fortgetragene Menge, so konnten grosse Massen über irgend eine auf dem Grunde in der Nachbarschaft sich bildende oder bereits gebildete Ablagerung sich absetzen, ausser dem Bereich von Lavaströmen, die unter dem Niveau des Meeres geflossen sein mögen. Während die Brandung die leichteren Substanzen entfernte, sichtete sie gleichsam das Ganze, so dass die schwereren Stücke sich allmälig in einem niederen Niveau absetzten, und zuletzt unterhalb des Bereichs der oben sich brechenden oder bloss während sehr stürmischem Wetter den Grund bewegenden Wogen. Endlich würde eine Ablagerung von Gesteinstrümmern vorhanden sein, die durch feinere oder gröbere vulkanische Aschen verkittet sind, in welcher sich nicht nur Stücke von feuergebildeten Gesteinen, sondern auch von Kalkstein, Dolomit und Sandstein finden; denn wir dürfen nicht annehmen, dass die zufällig auf der Oberfläche gefundenen Stücke die einzigen waren, welche der Krater ausgeworfen hat.

Digitized by Google

Dergestalt findet in dem Mittelländischen Meere in diesem Augenblicke eine sehr complicirte Reihe gleichzeitiger Ablagerungen Statt, wobei sein ungleicher Grund je nach den Verhältnissen verschiedentlich von Stoffen bedeckt wird, die entweder als Lösungen oder in mechanischer Suspension von Flüssen in dasselbe getragen oder von seinen Ufern durch die Wirkung der Brandung losgelöst oder durch Vulkane ausgeworfen wurden, das Ganze mehr oder weniger mit den Ueberresten organischen Lebens gemischt, ausgenommen bei Lavaströmen, oder grossen und plötzlichen Anhäufungen von Asche und Lapillen, organische Reste, welche bisweilen für sich weit ausgedehnte Lagen oder Schichten bilden. Bei diesen Untersuchungen mögen wir berücksichtigen, dass dieses Meer durch eine sich mehrfach krümmende Untiefe, Skerki genannt, welche Sicilien mit der afrikanischen Küste verbindet, in zwei Hauptbecken getheilt ist.

Die Tiefmessungen auf dieser Untiefe von der afrikanischen nach der sicilischen Küste ergeben 34, 48, 50, 38, 74, 20, 70, 52, 91, 16, 15, 32, 7, 32, 48, 34, 54, 70, 72, 38, 55 und 30 Faden, woraus man ihr Profil entnehmen kann. Auf jeder Seite davon giebt es Tiefen von 140, 157 und 260 Faden und Stellen, wo das Senkblei bei 190 und 230 Faden keinen Grund fand.

Obgleich hier das Mittelländische Meer als ein Meer ohne Fluth und Ebbe und ohne sonstige Bewegungen betrachtet wurde, so ist dies doch nicht ganz richtig, da man die erstere allerdings in geringem Grade fühlt und auch Strömungen vorkommen. In der That, wenn starke Winde durch ihre Reibung das Wasser der Oberfläche in irgend einer bestimmten Richtung drängen, was man leicht an den angrenzenden Küsten, in Häfen oder Kanälen gewahr wird, so ist die Bewegung hinreichend, mechanisch getragene Substanzen zu Entfernungen zu führen, die im Verhältniss zur Kraft und Dauer der Winde stehen. Wenn diese Wasser wieder zur Ruhe kommen, so wird die umgekehrte Thätigkeit eine ähnliche sein. Es giebt auch Strömungen in dem Mittelländischen Meere, wie die aus dem Schwarzen Meere durch das Meer von Marmora und die Strömung aus dem Atlantischen Ocean durch die Meerenge von Gibraltar, die letztere indessen durch die Ebbe und Fluth an der afrikanischen und europäischen Seite der Meerenge modificirt. Beide Strömungen rühren von der Verdunstung auf der Oberfläche des Mittelländischen Meeres her, wobei dasselbe keinen hinreichenden Ersatz durch Flüsse oder Regen hat, so dass das Schwarze Meer auf der einen und das Atlantische auf der anderen Seite Wasser zur Wiederherstellung des Niveaus liefern. Der Strom aus dem Atlantischen Ocean fliesst mit einer Geschwindigkeit von beinahe 2 deutschen Meilen in 24 Stunden längs des afrikanischen Ufers in das Mittelländische Meer ein und wird in Tripoli und der Insel Galitta wahrgenommen. Man hat geglaubt, eine untere und entgegengesetzte Strömung

Digitized by Google

setze nach Westen, aber dies ist ohnlängst bezweifelt worden. Indessen hat Admiral Beaufort gezeigt, dass bei der Strömung, die westlich von Syrien nach dem Archipel fliesst, Gegenströmungen unter der Oberfläche des Wassers ebenfalls sehr bemerklich sind. In einigen Theilen des Archipels sind sie bisweilen so stark, dass sie das Steuern des Schiffes hindern, und einmal, als bei ruhigem und hellem Meere das Senkblei untergelassen wurde, mit Tuchstreifen von verschiedenen Farben in ellenlangen Zwischenräumen versehen, sah man, dass diese nach allen Richtungen des Compasses hinwiesen. Eine östliche Strömung fliesst zwischen Aegypten und Candia, und bei Alexandrien. An der Küste von Syrien angekommen, wendet sie sich nach Westen und geht dann zwischen Cypern und der Küste von Caramanien. Solche Strömungen helfen natürlich bei dem Transporte von gelösten und mechanisch getragenen Stoffen, indem die letztere namentlich auf das vom Nil herabgebrachte Sediment wirkt.

Wegen des geringeren specifischen Gewichtes des Wassers in dem Schwarzen Meere wird der durch die Wasser des Don, Dnieper, Dniester und der Donau eingeführte feine Detritus in verhältnissmässig geringere Entfernungen über das Salzwasser geführt, als der des Nil, des Po, der Rhone über das Mittelländische Meer, während aus demselben Grunde unter gleicher Windstärke in beiden Meeren eine längere von der Bewegung der Wellen herrührende Suspension solcher Stoffe in dem Schwarzen Meere grösser als im Mittelländischen sein würde, indem das Wasser des ersteren wegen seiner geringeren specifischen Schwere dem Winde weniger Widerstand leistet. In der Ostsee ist das specifische Gewicht noch geringer, und deshalb wird sich die Ablagerung des Sediments aus den Flüssen noch mehr der in Süsswasserseen beobachteten ähnlich verhalten. Wie die meisten Seen haben auch das Schwarze Meer und die Ostsee ausfliessende Strömungen, so dass die Verdunstung auf ihrer Oberfläche dem in dasselbe geführten süssen Wasser nicht gleich ist. Die Schnelligkeit der Strömung in dem engsten Theile des Sundes ist ungefähr $^1/_2$ Meile in der Stunde, aber die gewöhnliche Geschwindigkeit in gutem Wetter ist ungefähr 30 — 40 Minuten. Die Strömung, die gewöhnlich aus dem Schwarzen Meere fliesst, hat in dem Thracischen Bosporus $^1/_2$ Meile bis $^5/_6$ Meilen in der Stunde je nach der Richtung des Windes. Starke Gegenwinde drängen die Strömung in der Ostsee zurück und erheben das Niveau dieses Meeres, wenn sie hinreichend lang andauern.

Wenn keine stetigen Gegenströmungen Salzwasser aus dem Mittelländischen in das Schwarze Meer und aus der Nordsee in die Ostsee brächten, und wenn die ausfliessenden Wasser Salzwasser ausführten, so würde der Salzgehalt dieser Meere allmälig abnehmen, im Verhältniss zu der Salzmenge, die in die benachbarten Meere geführt wurde, und der Salze, welche die Flüsse mit sich bringen. So sind in drei

Digitized by Google

Pfund Wasser von der Küste von Ostfriesland und von Rostock an der Ostsee die folgenden Salzmengen enthalten:

	Chlornatr.	Chlormagnes.	Schwefels. Kalk.	Schwefels. Natr.	Rückstand.
Nordsee	522	198,5	23	1,3	1,5
Ostsee	263	211	12	1	1

Nach dieser Ansicht können deshalb sowohl das Schwarze Meer wie die Ostsee in früheren Zeiten salziger gewesen sein, als jetzt, da wir geologische Beweise haben, dass der jetzt von dem Caspischen und dem Schwarzen Meer eingenommene Flächenraum einst unter einem gemeinsamen Meer sich befand, und sie durch geologische Veränderungen so getrennt wurden, wie wir sie jetzt finden. In dem Caspischen Meer ist die Verdunstung hinreichend, den Einfluss des durch die Wolga, den Ural und die kleineren Flüsse eingeführten süssen Wassers zu überwältigen, während der Zufluss des süssen Wassers in das Schwarze Meer zu gross für die Verdunstung ist. Darum bleibt das Caspische Meer ein Salzsee, während das Schwarze Meer allmälig immer mehr zu einem Süsswassersee wird; das Caspische Meer behält nicht nur seinen ursprünglichen Salzgehalt, sondern wird auch immer salziger, wenn entweder die durch die Flüsse herabgebrachten Salze nicht zu einer Ablagerung verwandt wurden, oder die Verdunstung grösser ist, als der Wasserzufluss von der Wolga, dem Ural und den kleineren Strömen. Wir besitzen hinreichende Beweise dafür, dass das Caspische Meer früher in einem höheren und zwar in einem dem jetzigen des Schwarzen Meeres entsprechenden Niveau gestanden hat, indem nämlich das erstere jetzt 81,4 Fuss unter dem Niveau des letzteren sich befindet. Anfänglich mussten die Niederschläge in jedem dieser Meere sich gleich verhalten, aber sich allmälig ändern in Bezug auf die Wirkungen, die von dem zunehmenden Unterschied in dem specifischen Gewicht des Wassers in beiden herrühren.

Obgleich sich Eis in den seichten Buchten des Schwarzen Meeres bilden kann, und das Azowsche Meer oft in den Wintermonaten zugefroren ist, so dass das von den Küsten schwimmende Eis das Mittel wird, Felsstücke und Gerölle an Orte zu bringen, an die sie sonst nicht gekommen sein würden, so wird doch das Eis der Ostsee, wegen ihrer eigenthümlichen geographischen Lage, zu einem Mittel für Ablagerungen von einer wichtigeren Art. Je nach der grösseren oder geringeren Kälte des Winters ist dieselbe mehr oder weniger mit Eis bedeckt, so dass es von Reisenden passirt werden kann. Grosse Flächenräume sind gewöhnlich fast drei Monate im Jahr gefroren. Das Eis im Süden geht meistens im April auf, während es in dem Bothnischen und Finnländischen Meerbusen oft bis Mitte Mai bleibt. Zwar hat die Ostsee keine Gezeiten im gewöhnlichen Sinn, aber sie ist doch localen Niveauveränderungen unterworfen, welche von dem Druck heftiger Winde her-

Digitized by Google

rühren, die eine Zeitlang in bestimmter Richtung wehen, wie das oft der Fall ist. Das Eis um die Ufer ihrer zahlreichen Inseln und an den ungleichen Küsten bricht deshalb auf und führt Felsblöcke und Gesteinschutt, die von den Klippen darauf gefallen sind, weiter, und lagert sie endlich ab, wobei Gerölle und scharfkantige Gesteinsstücke den gewöhnlichen Ablagerungen hinzugefügt werden. Die gewöhnliche Tiefe dieses Meeres ist 66 Faden, wechselt aber zwischen seichten von Morästen begrenzten Stellen bis zu 110 und 115 Faden Tiefe in Südosten.

Der Mexicanische Meerbusen, dessen Wasser durch den von dem Atlantischen Ocean ausgeübten Druck zurückgedrängt wird, kann für geologische Zwecke als ein Meer ohne Ebbe und Fluth betrachtet werden, in welches sich unter anderen ein grosser Fluss, der Mississippi, entleert, der aufgelöste und mechanisch getragene Stoffe mit sich führt. Die grosse Strömung, die aus dem Indischen Ocean um das Cap der guten Hoffnung herumsetzt, und eine Folge der Passatwinde und der Umdrehung der Erde ist, setzt von dem Aethiopischen Meer mit der grossen Aequatorialströmung vereinigt durch das Atlantische Meer nach den Westindischen Inseln. Dieselbe drängt einen stetigen Wasserstrom in den Mexicanischen Meerbusen auf der Westseite der Strasse von Yucatan mit einer Rückströmung dicht am Cap Antonio auf der Westseite von Cuba. Unter diesem Druck entrinnt das Wasser zwischen Cuba und den Riffen von Florida in den Golfstrom, so dass das Wasser in dem Mexicanischen Meerbusen ein Meer bildet, in dem verhältnissmässig fast keine Ebbe und Fluth herrscht, und in dem Ablagerungen wie in dem Mittelländischen Meer stattfinden. Obgleich andere Flüsse Sediment in dieses Becken führen, das zusammen von grosser Wichtigkeit ist, so ist der Mississippi doch durch den von ihm ausgehenden Zuwachs zum Land und die Menge der von ihm mechanisch getragenen Stoffe, bei weitem am bedeutendsten. Fig. 59 (a. f. S.) ist eine Skizze von dem sehr charakteristischen Vorrücken der Ablagerungen aus diesem Fluss in den Meerbusen.

Die Art, wie der Hauptkanal nach seinem Ausflusse hin von Bänken begrenzt wird, die sich über das Meer erheben, bezeichnet die Hemmung, welche durch die Reibung der entstehenden Bänke hervorgebracht wird.

Auch die verschiedenen Seen mit ihren Verbindungsarmen sind sehr bezeichnend für diese Art von Anhäufungen.

Der Fall des Mississippi während seiner höchsten Fluthen beträgt nur $1^1/_2$ Zoll auf die englische Meile zwischen Neu-Orleans und dem Meere, eine Entfernung von ungefähr 100 englischen Meilen, und wenn sein Wasser niedrig ist, so ist der Fall für diese Entfernung kaum bemerklich. Es wird darum wenig Sediment in mechanischer Suspension ins Meer geführt, welches nicht nach der Ablagerung Schlamm oder Thon bildet. Dieser grosse Fluss führt deshalb jetzt keine anderen Mineral-

Digitized by Google

stoffe in den Meerbusen von Mexico als Schlamm und Thon, wovon das, was sich durch Anhäufung über die Oberfläche des Meeres erhebt, sich durch die Uferwellen sichtet und das Feinste bis zu einem gewissen Grade im Meeresniveau abgeschieden wird. Eine ungeheure Menge dieses feinen Sediments häuft sich jetzt in dem Mexicanischen Meerbusen an, und die hauptsächlichste Zugabe zu dieser Schlamm- oder Thonmasse ist, neben den harten Ueberresten von Fischen, Crustaceen und Mollusken, hauptsächlich Holz, das der Mississippi und seine Nebenflüsse in Menge mitbringen. Dieses Holz wird nicht nur auf seinem Wege an verschiedenen Stellen aufgehalten oder fährt sich in den Kanälen des Delta fest, sondern ein grosser Theil davon schwimmt ins Meer. Millionen von Baumstämmen werden auf diese Weise während Ueberschwemmungen Meilen weit fortgeführt, so dass es schwierig ist, zwischen ihnen durchzuschiffen*).

Ablagerung von Sediment in Meeren, welche Ebbe und Fluth haben.

An den Küsten von Continenten und Inseln in der Mitte des Oceans findet nicht nur zweimal täglich ein Steigen und Fallen des Meeresniveaus Statt, sondern die in den Ocean sich ergiessenden Flüsse werden auch durch jede Fluth zum grössten Theile aufgestaut, um bei der Ebbe mit dem zugleich während der Fluth in das Flussbett gedrängten Meerwasser sich wieder zu entleeren. Hier haben wir eine sehr wesentliche Modification bei der Entleerung der in Lösung oder mechanisch in dem Flusswasser enthaltenen Stoffe im Vergleich zu ihrer Ablagerung in Meeren, die keine Ebbe und Fluth haben. Nach dem verschiedenen Charakter der Flüsse, wo sie sich in ein Meer mit Fluth entleeren, nach der grösseren oder geringeren Wassermenge in ihnen zu verschiedenen Zeiten, nach der Art der Küste an ihrem Ausfluss, nach der Tiefe des Wassers, nach dem Einfluss der verschiedenen Winde und anderen Verhältnissen ist die Entleerung des Wassers natürlich modificirt, aber in allen diesen Verhältnissen erleiden sie Hindernisse von dem Steigen der Fluth an ihrer Mündung. Der Widerstand des Meeres gegen die Flüsse bei dem höchsten Fluthstande wechselt nothwendig mit der Veränderung von dem niedrigsten Stande der Ebbe bis zu den Springfluthen; wobei die Quantität der Hemmung, die das Meer dem Ausfliessen des süssen Wassers bietet, im Einzelnen wechselt, aber im Ganzen wird eine sehr constante Wirkung hervorgebracht, und der

*) Die neuesten und interessantesten Mittheilungen über die geologische Bedeutung des Mississippi, siehe in Lyell's zweiter Reise nach den Vereinigten Staaten.

Digitized by Google

grösste Widerstand findet Statt bei der grössten Höhe der Springfluthen zur Zeit der Aequinoctien.

Durch die Hemmung von Wassern, die Stoffe entweder in mechanischer Suspension enthalten, oder dieselben in ihrem Bette vorwärts drängen, ist die Tendenz vorhanden, Anhäufungen vor den Flussmündungen zu bilden, die als Barren oder Sandbänke bekannt sind. Man wird finden, dass diese sich verschieden verhalten, je nachdem die wirkliche Mündung hoch oben in einem tiefen Arm des Meeres ist (oder in anderen Worten, wo das Meeresniveau hoch oben ein Thal oder eine Einsenkung schneidet, welche sich dadurch zum Theil auf dem Lande, zum Theil unter Wasser befinden) oder an der allgemeinen einförmigen Küstenlinie gelegen ist und vielleicht über dieselbe vorspringend in seichtes Wasser geht. Ebenso wird man wahrnehmen, dass je nach diesem Verhältnisse die Brandungswogen eine wichtige Hülfe bei der Anhäufung von Barren bilden, die hoch oben in einem Meeresarm wenig Einfluss haben, namentlich wo der Kanal eng ist, höchst wesentlich aber zu ihrer Bildung beitragen, wo sie auf eine offene Küste wirken, hauptsächlich wenn die Mündungen der Flüsse starken und vorherrschenden Winden ausgesetzt sind. Diese Vereinigung von Hindernissen bei Gewässern, die Sediment vorwärts tragen und drängen, nebst einer Brandung, die die Stoffe, welche nach dem Meere zu entrinnen wollen, zurückzuwerfen sich bemüht, bringt die Barren an den Mündungen vieler Flüsse hervor, die eben so wichtig in geologischer Beziehung wie für den Volksverkehr sind.

Die Wirkung der Fluth in der zeitweisen Hemmung des Ausflusses der Flüsse hängt sehr von der durchschnittlichen Höhe der Gezeiten ab, und der Beobachter wird leicht wahrnehmen, dass die Veränderung des Meeresniveaus zwischen der Ebbe und Fluth je von den der Fluthwelle entgegenstehenden Hindernissen und der Form des Ufers abhängt. In dem offenen Ocean, wo die Fluthwelle verhältnissmässig geringen Hindernissen begegnet, finden wir den Unterschied des Meeresniveaus bei hohem und niederem Wasserstand viel geringer als in trichterförmigen Kanälen und anderen günstigen Küstenverhältnissen. So geschieht es, dass an den kleinen isolirten Inseln des Stillen Meeres die Fluth nur zwei Fuss steigt und fällt, in dem Atlantischen Ocean bei St. Helena 3 Fuss, an dem Grünen Vorgebirge 4—6 Fuss, in Madeira von 8—9 Fuss, während die Springfluthen während der Tag- und Nachtgleichen in der Fundy-Bay leicht eine Höhe von 60—70 Fuss erreichen. Ein Blick auf die Karte zeigt, wie günstig diese Bucht für eine Fluthwelle gelegen ist, die zwischen Cap Cod in Massachusetts und Cap Sable in Neu-Schottland und weiter in die Chignecto- und Mines-Bucht gedrängt wird. Obgleich eine sehr beträchtliche Bucht zwischen Gaspé-Bay in Canada und der Nordspitze von Bretoninsel, nördlich von der schmalen Landenge, die Neu-Schottland von Neu-Braunschweig trennt,

Digitized by Google

gelegen ist, so bringt doch weder ihre Form noch die einsetzende Fluth ein Steigen des Wassers über acht Fuss hervor. Es giebt deshalb hier in Folge von örtlichen Ursachen einen Unterschied in dem höchsten Fluthstande auf jeder Seite dieser schmalen Landenge von ungefähr fünfzig oder sechzig Fuss.

Aber schon die Ufer von England bieten hinlängliche Gelegenheit zum Studium der Abhängigkeit des Steigens und Fallens der Fluth von örtlichen Verhältnissen dar. Der Bristol-Kanal, der für die ganze vom Atlantischen Meere kommende Fluthwelle offen ist, liefert ein gutes Beispiel von einem beträchtlichen Steigen der Fluth durch Verengerung eines Meeresarms. Obgleich es im strengsten Sinne keine blosse oceanische Fluth ist, da die Welle, ehe sie Land's End berührt, über einen Raum von fast 50 deutschen Meilen zu gehen hat, wo die Tiefe innerhalb 100 Faden bleibt, so ist doch der Wechsel zwischen 18 oder 20 Fuss in St. Ives in Cornwall bis zu 46 oder 50 Fuss in King Road bei Bristol und Chepstow bedeutend, besonders da eine Fluthhöhe über 30 Fuss bei der Lundy-Insel und 36 Fuss bei Minehead zeigt, dass dieses Steigen allmälig stattfindet. Durch die verschiedene Erhebung des Kanals und die Reibung jenseits Chepstow und King Road und das Aufhören des Fluthdrucks von aussen, wenn die Ebbe beginnt, nimmt die Fluthhöhe den Severn hinauf bald ab. Die Fluthwasser hemmen indessen so plötzlich die Entleerung der Flusswasser, dass die letzteren eben so plötzlich zurückgedrängt werden, wo die Fluthwelle in einer grossen, die „Bore" genannten Welle vorwärts stürzt und ein augenblickliches Steigen von mehreren Fuss in dem unteren Theile des Flusses hervorbringt, der allmälig bis zum Schlusse der Fluth in dem Severn abfliesst.

Auch bei anderen Flüssen beobachtet man Aehnliches. Die Bore-Welle des Ganges ist so schnell, dass sie kaum vier Stunden zu einer Entfernung von beinahe 12 deutschen Meilen braucht, bisweilen ein augenblickliches Steigen von fünf Fuss in Calcutta verursacht, so dass die Boote am Ufer zu ihrer Sicherheit sich nach der Mitte des Flusses zurückziehen. Gleiches findet an der Mündung des Amazonenstromes während der Tag- und Nachtgleichen Statt. Die Hauptwelle ist zwölf bis fünfzehn Fuss hoch, und auf diese folgen drei bis vier andere. Ihr Vorrücken ist sehr schnell und ihren Lauf soll man in einer Entfernung von drei Meilen hören können.

Der folgende Grundriss (Fig. 60, a. f. S.) wird das Angegebene erläutern. Bei *a* fängt die Fluthwelle an, höher zu sein, als in dem offenen Meer. Bei *b* ist ihre Höhe grösser wegen der Abnahme der Tiefe und Breite des Kanals und bei *c* ist sie aus ähnlichen Ursachen noch grösser. Wir wollen beispielsweise annehmen, dass bei *d* die Fluthwelle am höchsten ist, und dass sie später nach *e* hin wegen des Aufhörens der von aussen drängenden Kraft, wegen des wirklichen Fallens des Wassers während der Ebbe gegen *c b* und *a* geringer wird, bis bei *f* ihre Wirkung gänz-

Digitized by Google

lich aufhört. Die Bore hängt von örtlichen Ursachen ab, aber unter den angegebenen Verhältnissen sind die plötzliche Hemmung des aus-

Fig. 60.

fliessenden Stromes und das entsprechende plötzliche Steigen durch die einfliessende Fluthwelle auch an anderen Orten nicht selten, obgleich die Bore nicht immer mächtig genug ist, um die Aufmerksamkeit zu fesseln.

Der Kanal giebt uns ein anderes belehrendes Beispiel von einem beträchtlichen Steigen der Fluth in Folge von örtlichen Hindernissen, das um so belehrender ist, als dieses Steigen sich nicht hinüber auf die entgegengesetzte Küste erstreckt, wie bei dem Bristolkanal. Auf französischer Seite setzen das Cotentin, welches mit Cap la Hogue endigt, und die Inseln Alderney, Guernsey und Jersey mit einer Menge von Inseln, Inselchen und Felsen in der Bucht von St. Malo der von dem Atlantischen Meer kommenden Fluthwelle ein directes Hinderniss entgegen, während dieses bei der englischen Küste nicht der Fall ist. In Folge davon ist das Meeresniveau beim höchsten Fluthstande auf der einen Seite höher als auf der anderen, und während die Fluth in Lyme Regis nur 13 Fuss, in Portland Road 7 Fuss, in Cowes 15 Fuss und in Beachy Head 18 Fuss steigt, ist der Unterschied zwischen Fluth und Ebbe 45 Fuss zwischen Jersey und St. Malo und 35 Fuss in Guernsey.

Es giebt nicht nur diese Unterschiede in dem Steigen der Fluth aus örtlichen Ursachen, sondern die Richtung der Ebbe und Fluth mit ihren Strömungen wechseln auch sehr wesentlich an einigen Orten. So fliesst die Fluthwelle an Land's End 9 Stunden nach Norden und die Ebbe drei Stunden nach Süden, und zahlreiche andere Beispiele derselben Art, wo die Zeiten der Fluth und Ebbe verschieden sind, findet man an den Küsten von England.

In Bezug auf die Vertheilung von Detritus durch die Strömung der Gezeiten, findet man die Richtung der letzteren sich nicht nur beträchtlich je nach den Umständen auf der Höhe mancher Küsten während des Fortschritts der Fluth oder Ebbe ändern, sondern die Ebbe beginnt

Digitized by Google

auch häufig am Ufer während eine Fluthwelle in der Entfernung vom Lande fortdauert.

Da so Vieles der Reibung der Fluthströmungen auf Küsten zugeschrieben wurde, was nicht von ihr abhängt, sondern von der Wirkung der Brandung — eine zerstörende Thätigkeit, die besonders gefühlt wird, wenn starke Seewinde und hohe Fluthen verbunden sind —, so wird man wohl daran thun, die Geschwindigkeit und Transportkraft der Fluthwellen am Meeresufer zu beobachten. An den Küsten von England namentlich, wo so viele Modificationen in Fluthströmungen stattfinden, wird man leicht die Bedeutung der Fluthreibung auf Land zu schätzen lernen.

In Bezug auf die Fluthströmungen in der Nähe von England sind die zwischen den Orkney- und Shetland-Inseln und die durch den Pentland Frith zwischen Schottland und den Orkney-Inseln die stärksten. Je nachdem es Springfluthen oder Ebben sind, wechseln sie bekanntlich an Stärke. Während die letzteren in Stronsa Frith und North-Ronaldsha Frith eine Geschwindigkeit von $^1/_4$ Meile in der Stunde haben, bilden die ersten einen Strom von beinahe einer Meile in der Stunde. Im Pentland Frith haben die Springfluthen eine Geschwindigkeit von $1^1/_2$ Meilen die Stunde, während die niedrigsten Ebben nicht geschwinder wie $^1/_2$ Meile fliessen.

Um die mehr vorspringenden Vorgebirge strömt die Fluth, wie sich dieses erwarten lässt, mit grösserer Geschwindigkeit als in den Buchten, oder aussen im Meere. Die Fluthwelle, welche an die Vorgebirge anschlägt und wegen dieses Widerstandes örtlich steigt, fliesst herum zur nächsten Bucht und bewirkt so auf eine geringe Entfernung einen beschleunigteren Strom. Die Reibung des Wassers an dem Lande ist indessen gewöhnlich hinreichend, sehr wesentlich die Stärke des Stromes in unmittelbarer Berührung mit demselben zu vermindern, so dass bei stillem Wetter, wenn die Kraft der Fluth durch die Kraft entgegengesetzter oder begünstigender Winde weder gehindert noch beschleunigt wird, Spreu oder andere leichte in die See geworfene Körper längs des Ufers verhältnissmässig langsam gehen, während aussen ein starker Fluthstrom geht.

Wie gering die Reibung an solchen Stellen ist, sieht man oft selbst an steilen Vorlanden an der Gegenwart einer Decke von Balanen oder Algen; die Brandung wird an solchen Vorgebirgen mit tiefem Meer in ihrer Wirkung gewöhnlich nicht durch mechanisch getragenen Sand oder Kies unterstützt. Ausgenommen an sehr ausgesetzten Lagen werden selten Sandkörner, viel weniger kleine Geschiebe durch den Fluthstrom in Berührung mit der Küste in Bewegung gesetzt.

Die hemmende Wirkung der Reibung auf Vorgebirge sieht man oft sehr gut an jenen starken Fluthströmungen ausserhalb derselben, die häufig so gefährlich werden, wenn sie gegen starke Winde gehen.

Digitized by Google

Obgleich an solchen Orten die Wellen der Ebbe und Fluth ihre grösste Stärke haben und das Wasser in verschiedenen Richtungen herumgeworfen wird, so ist doch häufig zwischen dieser Strömung und dem Vorgebirge ruhigeres Wasser, das für ein Boot bei stillem Wetter hinreichende Breite hat.

Fluthwellen laufen mit grosser Kraft durch Kanäle, die zwischen den Vorgebirgen grosser Buchten und den in geringer Entfernung von ihnen liegenden Inseln gebildet werden; dieses ist der Fall mit den Vorgebirgen von Cardigan Bucht und von St. Bride's Bucht südlich davon. *a* in Fig. 61 stellt Cardigan Bucht, *b* St. Bride's Bucht dar. Felsengrund erstreckt sich von dem Small Leuchtthurm *f* bis Skomer

Fig. 61.

Insel *c*, zwischen welcher und dem Land eine ausnehmend starke Strömung dicht an der Klippe hinfliesst. Ist dies eine Fluthströmung, so ist ihre Kraft in St. Bride's Bucht *b* verringert und hört fast auf. Diese Bucht erhält die Fluthwelle nicht nur durch diesen Kanal, sondern auch direct von dem Atlantischen Meer; ihre Strömung über die felsi-

Digitized by Google

gen Untiefen zwischen dem Leuchtthurm und Grasholm und von da nach Skomer wird durch Brandung bezeichnet. Ein Theil der in die St. Bride's Bucht getriebenen Fluth entrinnt mit grosser Heftigkeit zwischen dem Lande und Ramsay-Insel und um die letztere und die Felsen und Inselchen, *d*, nach Cardigan-Bucht. Auch die letztere erhält einen bedeutenden Zufluss der Fluthwelle direct von dem Atlantischen Meere und die Fluth fliesst mit grosser Stärke zwischen ihrem nördlichen Vorgebirge und Bardsey-Insel *e*.

In den drei erwähnten Hauptkanälen kann ohne Zweifel wenig feines Sediment in der Richtung solcher Fluthen ruhen bleiben, und wenn solches etwa bei der einen Fluth abgesetzt wird, so wird es wahrscheinlich durch die entgegengesetzte Thätigkeit der anderen wieder entfernt, aber diese Wirkungen werden sehr local sein. Dass harte Gesteine leicht einer solchen Reibung widerstehen, sieht man an den genannten Orten, da man an den Seiten der Kanäle bei niederem Wasserstande Entenmuscheln und Algen findet.

Es lässt sich leicht begreifen, dass die Fluth, welche die Flüsse hinauf steigt, sehr verschieden wirkt, je nachdem die Kanäle sich mit gehöriger Tiefe nach aussen erstrecken, oder durch an ihre Mündungen angehäufte Sandbänke verschlossen werden. In dem ersteren Falle keilt das specifisch schwerere Seewasser das nach aussen fliessende Flusswasser gleichsam aufwärts, bis das Niveau so verändert ist, dass die ganze Masse des Fluthwassers ins Land getreten ist, und das süsse Wasser zurückdrängt und aufstaut. Man sieht dies zuweilen sehr gut, wenn grosse Schiffe in einem Meerbusen vor Anker liegen. Diese werden sich mit ihrem Vordertheil gegen die Fluth richten, indem sie hinreichend tief im Wasser gehen, während kleine an ihnen festgebundene Boote unter dem Einflusse des einströmenden süssen Wassers die entgegengesetzte Richtung haben. An günstigen Orten, wo ein Fluss grosse Wassermassen herabführt, können die schwereren Wasser der anfangenden Fluth den Fluss heraufströmen, während das leichtere Wasser darüber nach aussen fliesst. In Flüssen mit Sandbänken stürzt das Seewasser über die Barren und treibt, wenn die Kanäle später seicht werden, das Flusswasser gleich vor sich her, während, wenn hinter der Sandbank, wie es zuweilen stattfindet, Wasser von viel grösserer Tiefe ist, das schwerere Seewasser zuerst in das Becken fliesst und das Wasser darin hebt, so dass bei hinreichender Erhebung mit der zunehmenden Fluth, das Ganze mit der Fluth den Fluss hinauf geht und das süsse Wasser zurückdrängt. Zwischen der Fluthwirkung in solchen Flüssen, wie der St. Lorenz mit seiner offenen Bucht oder Meeresarm, und dem Ganges und Niger, deren Deltas in den Ocean vorspringen, findet man die verschiedensten Abstufungen. Während das Wasser in Buchten durch die Fluthströmung gehemmt wird, werden mechanisch getragene Stoffe abgelagert, wenn es die Zeit erlaubt, und je nachdem

Digitized by Google

die Wasser der Bucht durch die Winde in Bewegung gesetzt werden oder nicht.

In Aestuarien findet man gewöhnlich stark getrübtes Wasser, und dieses wird durch die Gezeiten herauf und herunter getragen, fliesst während der Ebbe bei einigen in einer Richtung ins Meer, während bei anderen diesen Wassermassen von den Flüssen Detritus zugeführt wird. In Meerbusen wie der Severn am Bristol-Kanale, wird das schlammige Wasser mit solcher Schnelligkeit rückwärts und vorwärts getrieben, dass es nur in geschützten Winkeln feines Sediment ablagert, auch an den Theilen des Ufers, wo die Friction eine hinreichende Ruhe während der Gezeiten hervorbringt. Den Unterschied, den die Reibung an den Seiten der Aestuarien hervorruft, an denen Schlamm sich ablagert, und weiter nach aussen in der Richtung des Fluthstromes, sieht man gemeiniglich an dem sandigen Grunde unterhalb des letzteren, indem die Reibung des Wassers zu gross ist, als dass feinerer Niederschlag an solchen Orten bleiben könnte.

Viele kleine Aestuarien an den Küsten der britischen Inseln zeigen das Ausfüllen nicht nur der geschützten Stellen an ihren Seiten, sondern auch ihrer oberen Theile, wo sich allmälig Detritus anhäuft. Wenn der Lauf eines Flusses nicht weit durch ein Flachland ging, so können die Ablagerungen an dem oberen Ende der Buchten selbst kiesig sein, während sich Schlamm nur in den geschützten Localitäten anhäuft. Wenn der folgende Grundriss (Fig. 62) ein solches Aestuarium dar-

Fig. 62.

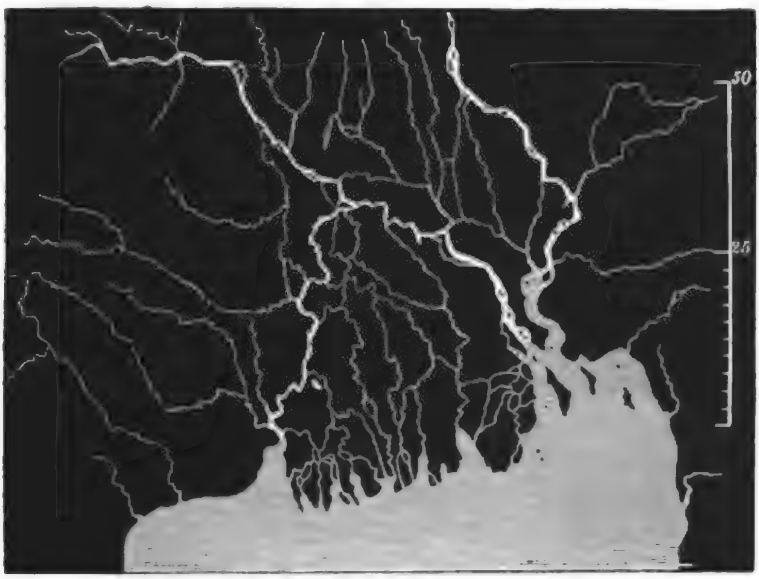
stellt, so wird man gewöhnlich wahrnehmen, dass die Ablagerung oben bei *c* mehr kiesig oder sandig ist, hauptsächlich in ihren untersten Theilen, als in den geschützten Lagen *a* und *b*. Bei *c* haben wir nicht nur das schwerere Sediment, welches durch die dort wahrgenommene Hemmung der Fluth niederfällt, sondern auch allen Detritus, der längs des Bodens durch den Fluss *d* während der Ebbe und während der gewöhnlichen Entleerung des Flusses nach der Ebbe vorwärts gedrängt wird, eine Zeit, die an einigen Orten neun von zwölf Stunden beträgt. Bei *a* und *b* wird das feine Sediment gewöhnlich bis zu dem Niveau der höchsten gewöhnlichen Springfluthen angehäuft.

In Aestuarien dieser Art werden wir grossen Zuwachs an Land erwar-

Digitized by Google

ten wo die Flüsse ausfliessen, und demgemäss finden wir wie an solchen Orten oft ausgedehnte Marschen und Flächen entstanden sind, selbst wo keine historischen Beweise beigebracht werden können. Indessen ist auch oft an den letzteren kein Mangel und von manchen Aestuarien weiss man, dass sie in historischen Zeiten seichter geworden sind und sich weiter nach aussen bewegt haben, wo dann trockenes Land die Stelle der Marschen und Schlammbänke einnimmt. Die Mündungen des Ganges, die sich auf eine Länge von ungefähr 40 deutschen Meilen erstrecken (Fig. 63), geben uns ein Beispiel von Sedimentablagerungen

Fig. 63.



von einem verschiedenen Charakter. Hier reicht die Masse des ausfliessenden Wassers, besonders während Ueberschwemmungen zur Bildung eines Delta hin, das mehr einem solchen gleicht, wie es sich in Meeren ohne Ebbe und Fluth bildet. In längst vergangenen Zeiten mag sich der Ganges in eine Bucht ergossen haben, die sich bis zum Anfang des jetzigen Delta erstreckte, das über 40 deutsche Meilen vom Meere liegt, und in dieselbe Bucht wird sich der Brahmaputra entleert haben, indem diese beiden grossen Abzugswege, die bis zum Himalaya gehen, allmälig die Bucht durch die Ablagerung des von ihnen getragenen oder fortgerissenen Sedimentes ausfüllten. Grobe Geschiebe werden vom Ganges keine hundert Meilen von seiner Mündung getragen und deshalb ist das ins Meer geführte Sediment von feinerer Beschaffenheit. Die Ebbe und Fluth ist ein Hinderniss für diese Ablagerungen, aber die Masse des süssen Wassers ist im Vergleich mit diesen Hindernissen so beträchtlich, dass die Sedimentablagerungen rasch dem Meere Terrain abgewinnen, ungeachtet die mittlere Tiefe jenseits der Gangesmündungen keineswegs unbedeutend ist. In der Richtung der verschie-

Digitized by Google

denen Ströme des Delta selbst bilden sich ebenfalls die mannigfaltigsten Veränderungen. Rennel bemerkt, dass während seines elfjährigen Aufenthalts in Indien der Ausfluss des Jellinghy allmälig $^1/_4$ Stunde vorgeschoben wurde. Andere Flüsse in Bengalen haben ihren Lauf vollständig verändert. Der Cosa, ein Fluss, so gross wie der Rhein, floss früher bei Purneah und verband sich mit dem Ganges gegenüber Rajenal. Seine Mündung ist jetzt über 7 deutsche Meilen weiter aufwärts. Gour, die alte Hauptstadt von Bengalen, stand einst am Ganges. Der Lauf des Ganges bietet auch in einem grossen Maassstab Beispiele von Veränderung des Flussbetts durch die Anhäufung von Sandbänken auf unbedeutenden Hindernissen dar, welche man in Bezug auf ihr allgemeines Princip in hundert kleinen Bächen beobachten kann. So bringt ein in seinem Bette festgefahrener Baumstamm eine Ablagerung zu Wege, die sich allmälig zu einer Insel erhebt, welche durch eine andere Veränderung des Strombetts wieder weggerissen wird.

Die grosse Masse von süssem Wasser, welche der Ganges bei Anschwellungen entleert, scheint grossentheils den Einfluss der Fluthwelle zu überwältigen, so dass sich das Sediment mehr nach der Art des Nils, der Rhone, der Wolga und anderer grosser Flüsse ablagert, die sich in Meere ohne Ebbe und Fluth ergiessen. An der Verbindung des Ganges und Brahmaputra, unterhalb Luckipur, giebt es einen grossen Golf, in welchem das Wasser kaum brack ist, und während der Regenzeit ist das Meer viele Meilen weit mit süssem Wasser überschwemmt.

Die Masse des vom Ganges fortgeführten Sediments ist auf $2^1/_2$ Proc., und seine Wasserentleerung auf 500,000 Cubikfuss in der Secunde geschätzt worden. Nimmt man die Menge nur zu 2 Proc. an, oder zu 15 Cubikfuss auf die Tonne, so erhalten wir 57,600,000 Tonnen (à 20 Centner) täglich, was einer Granitmasse gleich kommt, die eine Basis von 1,000,000 Quadratfuss und eine Höhe von 864 Fuss hat!

Der Niger liefert ein anderes Beispiel ähnlicher Art und eine ungeheure Masse süssen Wassers schiebt daselbst ebenfalls ein Delta in den Ocean. Bei diesem wie bei vielen anderen tropischen Flüssen tragen Mangrove-Bäume wesentlich zur Bildung neuen Landes bei. Ueberall, wo ihnen Schutz gewährt ist, wachsen sie in Menge; in ihren stelzenartigen Wurzeln verwickeln sich alle schwimmenden Substanzen, bilden einen Ruhepunkt für die Ablagerung des feinsten Sediments und geben einer Menge von Reptilien, Fischen, Crustaceen und Mollusken Schutz und Aufenthalt.

Wenn wir die der Ebbe und Fluth ausgesetzten Meeresufer der Erde betrachten, so sehen wir eine grosse zerstörende Gewalt in der Brandung, die im Allgemeinen in unaufhörlicher Thätigkeit ist, welche das Land zerwühlt und abträgt und eine Masse von Material an die

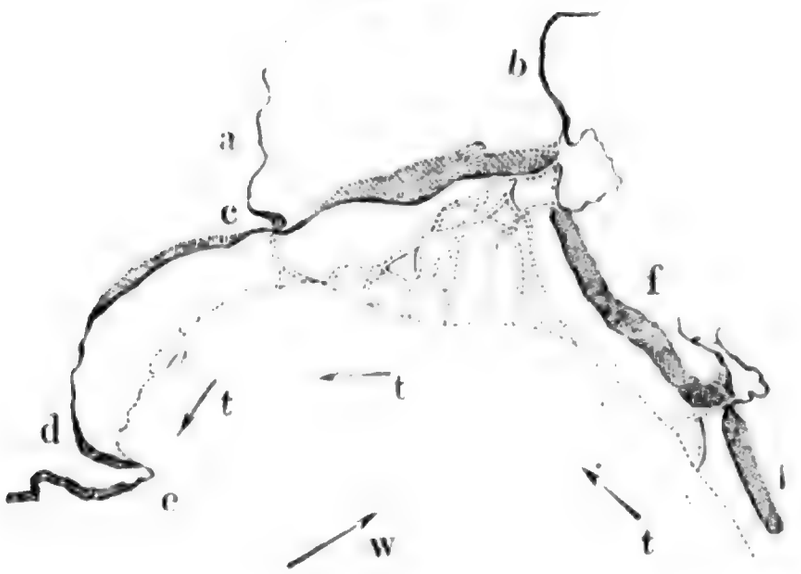
Digitized by Google

an das Ufer anschlagenden Fluthwellen abgiebt, das nebst dem von den Flüssen ausgeführten durch die Fluth und die Meeresströmungen verbreitet wird. Grosse Flüsse können, wie wir gesehen haben, besonders bei Anschwellungen Material in mechanischer Suspension mit fortführen und es unter den ausbreitenden Einfluss der Meeresströmungen bringen. Es kann lange Zeit erforderlich sein, bis es durch diese in die ruhigen Tiefen hinabsteigt, wo es eine nicht weiter gestörte Ruhe findet, bis vielleicht nach langen Zeiträumen diese Ablagerung gehoben und abermals unter den zerstörenden Einfluss der Atmosphäre und des Wassers der Oberfläche gebracht wird.

Wenn Sediment in den Fluthwogen vorhanden ist, so wird es je nach der Ebbe und Fluth hin- und hergeworfen, und der Beobachter kann an den Meeresküsten Europas hinreichend wahrnehmen, dass die durch Regen angeschwollenen Flüsse mit der Ebbe und in der Richtung derselben längs des Ufers viel mechanisch getragenes Sediment mitführen, das nicht wieder in die Flüsse eintritt, ausgenommen unter sehr günstigen Umständen. Im Ganzen wird viel feines Sediment von diesem Ursprung durch die Ebbe der Küste entlang geführt und es werden Ablagerungen daraus gebildet, wenn eine hinreichend anhaltende Ruhe in jener Richtung vorhanden ist. Wenn eine schützende Landzunge vorhanden und eine Bucht zwischen ihr und der Mündung des Flusses gebildet ist, so lagert sich das feinere Sediment in der so geschützten Lage ab. Die Küste von Swansea (Wales) liefert ein Beispiel der so bewirkten Scheidung.

Zwei Flüsse, *a* und *b* (Fig. 64), der Towey und der Nedd, bringen

Fig. 64.

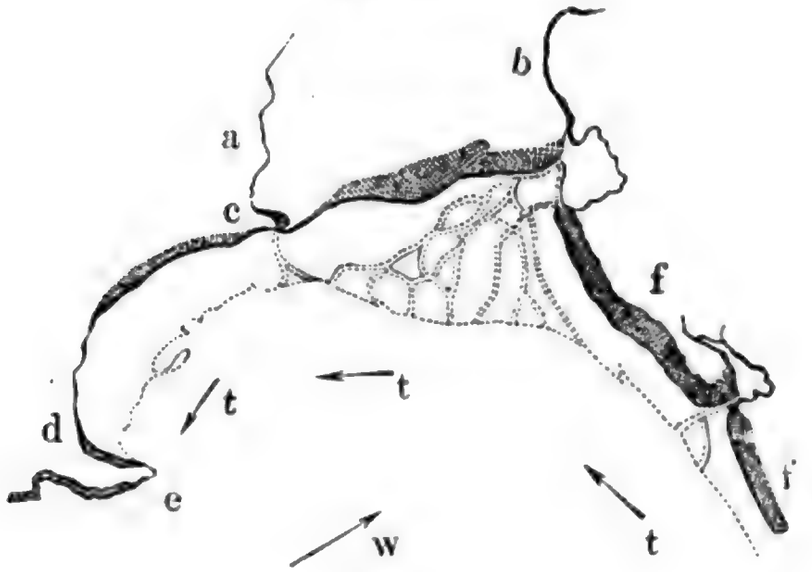


bei Ueberschwemmungen viel Sediment mit sich, dessen feinere Theile durch die Ebbe (*t*, *t*, *t*) nach der zwischen Swansea (*c*) und den Mumblesfelsen (*d*) gebildeten Bucht geführt wird. Da sie hier die nöthige

Digitized by Google

Ruhe finden, indem die vorherrschenden Winde *w* von Westen und Südwesten wehen, so wird ein Theil abgesetzt und Schlamm angehäuft,

Fig. 64.



während der Rest des mit Sediment beladenen Wassers um die Mumblesfelsen *e* in die allgemeine westliche den Bristol-Kanal hinabfliessende Ebbe geht. Während dieses mit dem feineren Sediment stattfindet, fällt der mehr sandige Theil des von dem Fluss herabgebrachten Detritus schneller nieder, auf einen grossen Theil davon wirkt die durch vorherrschende Winde erhobene Brandung, erhält ihn theils in mechanischer Suspension während heftiger Stürme und die Fluthwellen tragen ihn weiter, theils drängen ihn die Wogen, welche auf dem flachen, bei der Ebbe entblössten Ufer sich brechen, gegen die Küste nach Osten (*ff*) vorwärts. Hier finden die Verhältnisse für die Anhäufung von Sandhügeln Statt, und der Ueberschuss des sandigen Sediments, welches der Towey und Nedd fortführen und der von dem Meere nicht zurückgehalten wird, wird durch die Winde auf das feste Land geweht. An diesem Orte wird deshalb der vom Flusse in den Bereich der Fluth getragene Schutt grösstentheils getrennt, Schlamm wird hauptsächlich in einer Richtung, Sand in einer anderen angehäuft und ein Ueberschuss des letzteren wird dem Lande wiedergegeben.

Obgleich das von den Flüssen hergeführte feinere Sediment die Tendenz hat, sich in der Richtung der Ebbeströmungen anzuhäufen, so treten diesem doch oft solche für eine derartige Ablagerung ungünstige Verhältnisse entgegen, dass dasselbe nicht zur Ruhe kommt, sondern allmälig ins Meer geführt wird, und durch die Wirkung der Fluthströmungen selbst unter den Einfluss von Meeresströmungen kommen kann. An einer solchen Küste kann die blosse Brandung, wenn sie gleichförmig in der Richtung der Ebbe- und Fluthströmungen wirkt, die Anhäufung von feinerem Sediment verhindern, welches folglich nur zur Ruhe kommen

kann, wenn es in Wasser von der nöthigen Tiefe und Ruhe geführt wird.

Da die Abreibung der Küsten durch die Brandung dieselbe bleibt, mag eine Fluth oder Ebbe sein, so wird die feinere Materie in mechanischer Suspension gleichmässig durch die Strömung von beiden längs der Küsten geführt, und findet Ruhe an den Orten, wo die Verhältnisse günstig sind, tritt selbst mit der Fluthwelle in Buchten ein, wenn diese auf dem Wege liegen. Wie wir gesehen haben, werden die schwereren Theile, wie die Geschiebe und kleinen Gerölle längs des Ufers und die sandigen Theile (Seite 56), bisweilen an die Küste, bisweilen weiter ins Meer, je nach den Umständen, geführt.

Die Bewegung des stürmischen Meeres macht sich, je nach der Grösse der erregten Wellen, in verschiedenen Tiefen fühlbar. Während heftiger Windstösse ist die Tiefe, bis zu welcher feines Sediment aufgerührt werden kann, gewöhnlich etwa 60 Fuss. Auf der Bank von Neufundland soll die Wirkung der Meereswellen auf den Boden selbst bis auf 500 Fuss gehen (Emy, Mouvement des Ondes 1831, p. 11). Ja Siau hat bei St. Giles durch directe Beobachtungen nachgewiesen, dass sich noch bei einer Tiefe von 580 Fuss sehr breite und tiefe Wellenfurchen ausbildeten, und zwar auf einem Boden, der aus weissem Korallensand und schwarzem Basaltsand besteht (Pogg. Ann. 1842, 599). Die aufrührenden Wirkungen der Wogen bei geringerer Tiefe sieht man oft gut an seichten sandigen Küsten, wo viele Mollusken, die den Sand in einiger Tiefe bewohnen, lebend auf das Ufer geworfen werden. Ausser den Wellen, die auf der Stelle durch die Wirkung der Winde entstehen, regen jene Undulationen, die unter dem Namen der Schwellungen oder Grundwogen an Meeresküsten so bekannt sind und von der Bewegung von Winden auf dem hohen Meere herrühren, und die das Ufer nicht erreichen, den Meeresboden in beträchtlicher Ausdehnung auf, so dass durch das bewegte Meer und die Grundwogen das feinere Sediment aus allen ungeschützten Plätzen nach aussen entfernt und der Sand an der Küste ausserhalb der dieselben gürtenden und von der Wirkung der Brandung herrührenden Ablagerungen verbreitet wird.

Das Fliessen und Ebben der Gezeiten bringt eine Bewegung hervor, welche die Ablagerungen auf dem Meeresboden innerhalb ihres Einflusses ebnet und ausgleicht. Diese Wirkung wechselt unzweifelhaft mit der Stärke der Gezeiten, je nachdem dieselben Springfluthen oder niedrigste Ebben sind, so dass während der letzteren Stoffe zur Ruhe gebracht werden, welche das grössere Wasservolumen und die grössere Geschwindigkeit der ersteren wieder entfernen kann; aber im Ganzen giebt es eine Ausgleichung und es wird ein Meeresboden von sehr eigenthümlichem Charakter hervorgebracht. Die Reibung der

Digitized by Google

Fluthwelle auf dem Boden bildet Rücken und Furchen derselben Art, wie die von Winden auf lockerem Sande (Seite 61).

Wo helles Wasser ist und die Rücken und Furchen durch diese Art von Reibung allein gebildet werden, ist die Aehnlichkeit sehr auffallend, wenn man das relative Gewicht der Sandtheilchen in der Luft und in dem Wasser berücksichtigt. Wo Wellen auf den Grund wirken, lässt sich erwarten, dass solche Rücken und Furchen durch die Hin- und Herbewegung modificirt werden, obgleich die Bewegung nach dem Ufer hin grösser sein mag, als die entgegengesetzte, im Verhältniss als die Welle die Kraft einer Brandung annimmt, wobei der höhere Theil allmälig eine grössere Vorwärtsbewegung annimmt, als das Wasser seichter und die Reibung auf dem Boden vermehrt wird.

Fast jede ausgedehnte, von der Ebbe verlassene Sandfläche zeigt die Wirkungen der Reibung auf den Sand. Man sieht an manchem Orte eigenthümliche Anordnungen des Oberflächensandes, die durch den Abfluss des Fluthwassers entstanden sind, welches einen grossen Landstrich plötzlich verlassen hat. Wir haben auf diese Weise Reibung von dem Steigen und Fallen der Fluthwasser an Küsten, von der Hin- und Herbewegung der durch Winde hervorgebrachten Wellen, wo die Tiefen günstig sind, und von den verschiedenen Fluthströmungen, die an Stärke wechseln, und gewöhnlich in zwei, oft aber aus örtlichen Ursachen in mehreren Richtungen wirken.

Durch Reibung aller Art wird viel Sediment längs des Bodens in verschiedenen Richtungen vorwärts geschoben und gedrängt, so dass durch diese Ursache allein eine grosse Abflachung der Oberfläche bewirkt wird. Wenn wir dazu die Ablagerung von Sediment rechnen, welches in mechanischer Suspension getragen wird, und entweder von Flüssen oder von der Wirkung der Brandung herrührt, so müssen wir eine Vertheilung von Sediment erwarten, welches, über das Niveau des Meeres erhoben, den Anblick einer grossen Ebene bieten würde. Die beifolgende Karte (Fig. 65, S. 90) zeigt einen Flächenraum um England herum, der innerhalb einer Tiefe von 600 Fuss liegt und welche in der That sich bei der Erhebung dem Auge wie eine weite Ebene darstellen würde. Man muss bei der Bildung dieses grossen Striches von geebnetem Boden ohne Zweifel die nivellirende Wirkung der Brandung ins Auge fassen, die die Küsten abträgt, so dass die jetzige Oberfläche dieses Flächenraums hauptsächlich von dieser Thätigkeit, von dem je nach den Meeresrichtungen in verschiedenen Richtungen rollenden Meere, welches den Boden in hinreichend seichten Plätzen aufrührt, und von der vertheilenden Gewalt der Fluthströmungen herrührt. Die Ungleichheiten des Bodens in der Nordsee ergeben sich aus den beifolgenden Profilen, von denen *a* (Fig. 66, S. 91) ein Profil von der Bank de la Chapelle durch den britischen Kanal bis zum Cap Lindesnaes, *b* das Profil vom Humber bis zur Elbe, *c* das von Leith nach Lin-

Digitized by Google

desnaes, *d* und *e* Querprofile durch den Pas de Calais von Dungeness und Folkestone nach Cap Grisnez, und *f* ein Kärtchen des Pas de Calais darstellt, nach demselben Längenmaassstab wie die Querprofile *d* und *e*.

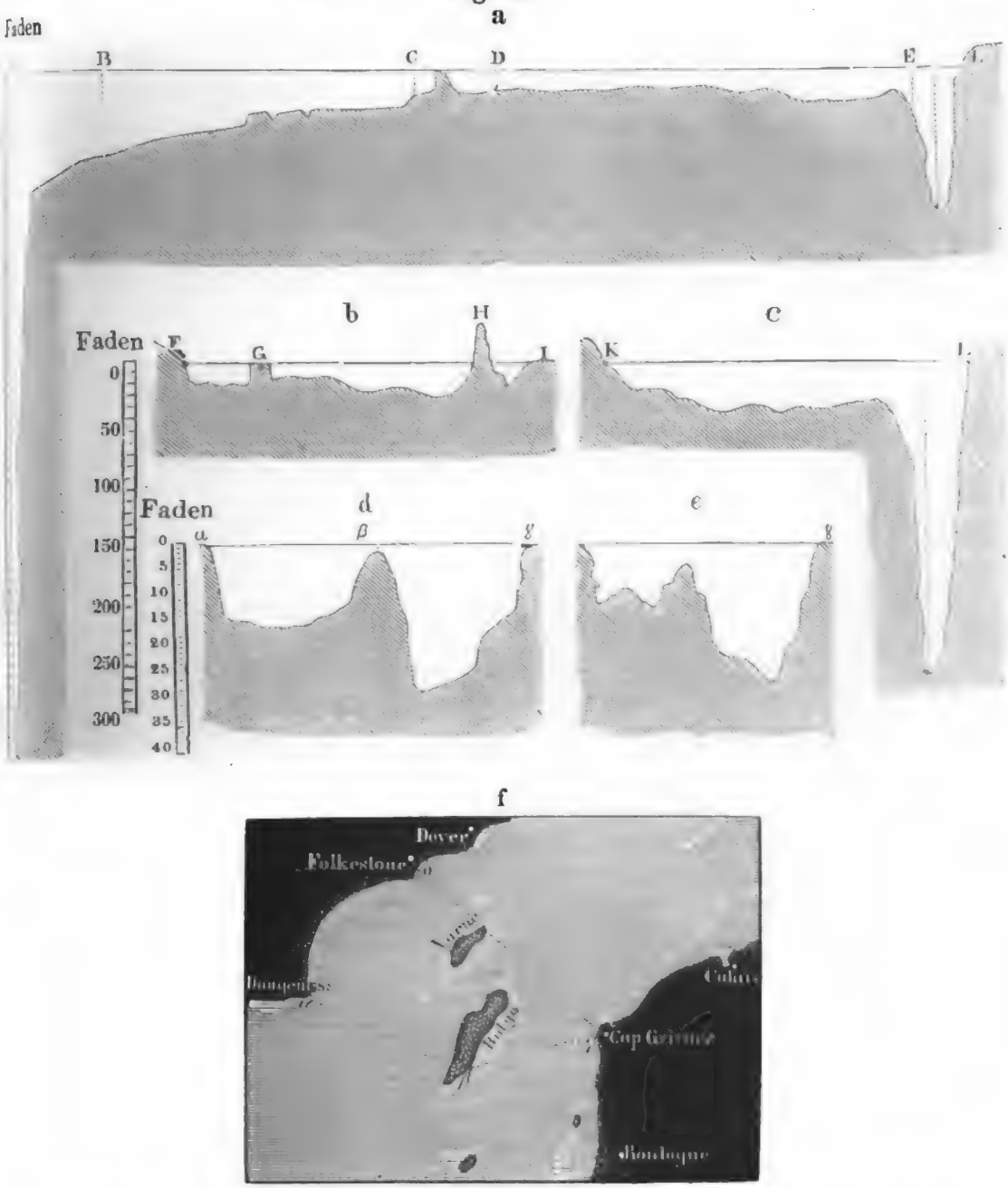
Es ist dabei nicht zu vergessen, dass unter diesen Anschwemmungen eine Basis von tertiären und anderen Gesteinen sich findet, über welche der Sand und der Schlamm jetzt verbreitet wird und welche hier und da noch unbedeckt sein mögen. An manchen Orten kann ein durch die Wirkung der Brandung geebneter Grund durch örtliche Ursachen von Ablagerungen frei erhalten werden. Wir dürfen wahrscheinlich den ganzen Flächenraum als das Resultat der Abtragung von Küsten durch die Brandung und neuer Ablagerungen aus den angegebenen Ursachen ansehen, die durch eine lange geologische Zeit angedauert haben, wobei Bewegungen des Landes in grossem Maassstabe und dadurch Veränderungen seines Niveaus im Verhältniss zum Meere zu der jetzigen Beschaffenheit beigetragen haben. Hätte man statt einer Linie von 600 Fuss unter dem Meere eine von 1200 Fuss genommen, so würde sich diese zweite Linie nicht weit über die erste erstreckt haben, indem die Abdachung weit schneller ausserhalb der 600 Fuss wächst, als innerhalb derselben, so dass der Grund des Meeres weit plötzlicher nach dem Atlantischen Ocean abfällt, nachdem er im Ganzen eine sehr mässige Neigung innerhalb des oben dargestellten Flächenraumes sich bewahrt hatte. In diesem Flächenraum giebt es hier und da kleinere Einsenkungen, und unter diesen die muldenförmigen Tiefen in der Nordsee, die als die Silbergruben (Silver Pits) bekannt sind. Der Grund um diese Gruben soll allmälig zu denselben ansteigen und die inneren Seiten sich dann plötzlich von einigen Faden bis zu 40 oder 50 senken, so dass sie steile innere Böschungen haben.

Einige Beobachtung an Küsten zeigt uns bald, dass das an ihnen in einem Strome durch die Fluthwirkung sich hin bewegende Wasser eine etwas beschränkte Strecke hin und her fliesst, so dass das in mechanischer Suspension getragene und endlich abgelagerte Sediment nur innerhalb eines beschränkten Flächenraumes abgelagert werden kann, wenn keine störenden Ursachen dazwischen kommen. Das Wasser eines Fluthstromes, der eine Küste mit einer Geschwindigkeit von $^1/_2$ Meile in der Stunde passirt, wird nur 3 Meilen fliessen, ehe es wieder über denselben Boden auf derselben Entfernung zurückgeht. Der Druck von starken Winden, sowohl Land- als Seewinden, drängt besonders bei langer Dauer Wasser gegen das Land oder von ihm weg, und so kann bei jeder anderen Richtung ein Ueberschuss der gewöhnlichen Wassermenge der Reibung des Windes entzogen werden. Dadurch wird die blosse Vorwärts- und Rückwärtsbewegung derselben Wassermasse etwas modificirt, so wie auch noch durch die grosse Vermehrung des gewöhnlichen Volumens des Fluthwassers durch die Entleerung nach

Digitized by Google

Herbeiführung localer Ablagerungen von Sediment, die nahe an der Küste mannigfaltiger in ihrem Charakter sind, als davon entfernt, in Folge der

Fig. 66.



wachsenden Geschwindigkeit der Gezeiten unmittelbar in der Nähe grösserer Vorgebirge, und ihrer verminderten Stromstärke in geschützten Buchten und Meeresarmen mit und ohne Barren verschiedener Art.

Wir haben jetzt die Verbreitung von feinem, durch Meeresströmungen fortgetragenem Sediment zu betrachten. Einige von diesen sind

Digitized by Google

bekanntlich sehr beständiger Natur, andere periodisch und viele temporär. Bei Meeren ohne Fluth und Ebbe dringt der Druck starker und lang anhaltender Winde auf ihre Oberfläche Wasser aufwärts, und es lässt sich erwarten, dass auch in dem offenen Ocean ähnliche Winde Wasser vor sich hertreiben, obgleich die Abwesenheit des Landes eine Modification in dem Resultat hervorrufen muss. Wenn der so bewegte Flächenraum durch eine einfache Küstenlinie begrenzt ist, so wird die Modification eine geringere sein, und wenn zwei Küsten sich darbieten, zwischen welche das Wasser gedrängt und das seitliche Ausweichen verhindert wird, so werden sich die Wirkungen denen nähern, die man an den nördlichen und südlichen Enden des Caspischen Meeres, oder an der Ost- und Westküste des Schwarzen Meeres wahrnimmt, wo das Wasser durch die Winde vorwärts gedrängt wird.

Unabhängig von dem Drucke der entweder beständigen oder fast beständigen, periodischen oder zeitweisen Winde auf die Oberfläche des Meeres, theilt die Umdrehung der Erde dem Wasser des Oceans eine gewisse Bewegung von Osten nach Westen mit, und vermehrt so die Stärke mancher Strömungen, die von der Oberflächenwirkung der Winde abhängen, während sie die Bewegung von anderen beeinträchtigt. Der Bewegung des Wassers von dem Atlantischen Ocean nach dem Stillen Meere, die aus dieser Ursache entspringt, stellen sich der Continent von Amerika, Süd-Georgien, die südlichen Orkney- und Shetland-Inseln und die Eisländer nach Victoria-Land hin, und der weiteren westlichen Bewegung des Stillen Meeres Asien, die Philippinen, Borneo, die Molukken, Neu-Guinea, Australien, Neuseeland und die unendliche Zahl der polynesischen Inseln und Inselchen entgegen.

Der offene Spielraum für diese Bewegung findet sich aus dem Indischen Meere und dem Südmeere in den Atlantischen Ocean, indem die Küste von Afrika über den 35° südl. Br. kein Hinderniss bietet. Ein stetiger Strom fliesst aus dem Indischen in den Atlantischen Ocean an der Westküste von Afrika hinauf nach dem Aequator, von wo derselbe seine Richtung nach Amerika nimmt, und das Wasser in dem Golf von Mexico aufstaut. Diese Strömung hängt theils von der Bewegung der Erde und theils von vorherrschenden Winden, den Passatwinden, ab, die das Wasser in dieser Richtung treiben.

Die Strömung in den Atlantischen Ocean windet sich um die Südspitze von Afrika an der Agulhas- oder Lagullas-Bank vorbei, deren Tiefmessungen westlich vom Cap Agulhas einen schlammigen und östlich davon einen mit zahllosen kleinen Muscheln vermischten sandigen Grund geben. Man kann deshalb annehmen, dass diese Strömung auf die Bank in einer Tiefe von 360 oder 420 Fuss wirkt, den feineren Niederschlag von der seiner Wirkung ausgesetzten Seite wegnimmt, und denselben in dem stilleren Wasser dahinter wieder absetzt. Eine Wassermasse von 10 Meilen Breite, 1200 Fuss Tiefe und von der mittleren

Digitized by Google

Temperatur des Oceans strömt mit einer mittleren Geschwindigkeit von $^1/_6$ Meile in der Stunde an der Westküste von Afrika vorbei von dem Cap der guten Hoffnung an, zwischen der Küste und dem Wasser des benachbarten Oceans. Dicht am Ufer ist eine östliche Strömung. Capitän Owen bewerkstelligte die Aufnahme der afrikanische Küste östlich vom Cap der guten Hoffnung mit Hülfe dieser letzteren, dem Passatwinde entgegen. Capitän Horsburgh erwähnt, dass ihn die östliche Strömung, südlich von der Hauptwestströmung mit einer Geschwindigkeit von 3 — 5 Meilen in 24 Stunden führte und in zwei Fällen mit einer Geschwindigkeit von 10 Meilen in derselben Zeit. Es giebt also rücklaufende Ströme, und der Hauptstrom erstreckt sich in Bezug auf die Oberfläche bis zu einer verhältnissmässig geringen Entfernung vom Lande. Im Ganzen erinnert uns dieser Strom an eine Wassermasse, die in einer Bewegung nach Westen begriffen ist, und die eine weitere Geschwindigkeit gegen das südliche Ende von Afrika erlangt, wie jede geringere Wassermasse, die gegen ein vorspringendes Cap oder Vorgebirge in Bewegung ist. Ein anderer grosser atlantischer Strom, der Golfstrom, ist eine Fortsetzung dieses Hauptstromes, nachdem er durch das Atlantische Meer in Westindien angelangt ist. Wie bereits bemerkt, fliesst das Wasser des Golfstromes aus dem Meerbusen von Mexico nach Norden, indem ein Theil, nachdem er die Meerenge von Florida passirt hat, nach Osten geht, wahrscheinlich zur Ausgleichung des Niveaus in jener Richtung. Die Widersprüche in Bezug auf die Ausdehnung und Geschwindigkeit des Golfstroms beweisen, dass in beiden gelegentlich Verschiedenheiten stattfinden. Der Druck des Windes afficirt nothwendiger Weise den Lauf des Stromes je nach seiner Dauer, Stärke und Richtung. In seiner Mitte, in dem Meridian der Havanna, wird seine Geschwindigkeit auf 50 Minuten in der Stunde geschätzt; auf der Höhe der südlichsten Theile von Florida auf 80 Minuten in der Stunde. Der Strom geht im Sommer in dem Meridian von 57° westl. bis zu 42° 45′ nördl., und im Winter bis zu 42° nördl. Ein Gegenstrom setzt an den Riffen von Florida vorbei nach Südwest und West. Kleinere Schiffe machen mit Hülfe dieses Gegenstroms ihren Weg von Norden her.

Man kennt andere Strömungen in dem Atlantischen Meere, wie die, welche aus der Baffinsbay durch die Davisstrasse kommt, den sogenannten Grönland-Strom, der die grossen Eisberge über die Bank von Neufundland hinaus führt. Er vereinigt sich mit dem Golfstrom und setzt mit ihm nach den Küsten von Europa und Afrika. Eine südliche Richtung der Strömung findet von der Küste von Portugal nach den Canarischen Inseln Statt, wird aber modificirt durch einen in das Mittelländische Meer einsetzenden Strom. Ueber diese Inseln hinaus findet sich eine südwestliche Strömung, die wahrscheinlich von dem Einflusse des Nordostpassats herrührt.

Digitized by Google

Auch in dem Stillen Meere giebt es beständige Strömungen. Eine solche setzt in der Nähe der Galopagos-Inseln nach Nordnordwest und bei Juan Fernandez 300 Lieues westlich von jenen Inseln nach Westsüdwest, mit einer Geschwindigkeit von $2^1/_2$ Meilen täglich. Grosse Massen von Treibholz werden von Amerika nach der Osterinsel durch eine in jener Richtung gehende Strömung getrieben. Zwischen den Sandwichinseln und den Marquesas wurden Strömungen gefunden, die mit einer Geschwindigkeit von 5 Meilen täglich nach Westen gehen.. Bei den Philippinen findet sich eine Strömung, die von Nordosten kommt und mit beträchtlicher Stärke in die Meerengen einsetzt, die diese Inseln von einander trennen. Es giebt noch andere Strömungen in dem Stillen Meere. Zwei von ihnen verdienen indessen besondere Aufmerksamkeit, da der eine, welcher nördlich durch die Behringsstrasse einsetzt, längs der nördlichen Küste von Amerika nach Osten fliessen soll, der andere aber während des grösseren Theils des Jahrs um das Cap Horn herum nach Osten setzt.

In dem Chinesischen und Indischen Meere giebt es gute Beispiele von periodischen Strömungen. Ein Strom fliesst vom October bis zum Mai aus dem Ocean in das Rothe Meer und vom Mai bis zum October aus dem Rothen Meere heraus. Während der ganzen Zeit, in welcher die Strömung in das Rothe Meer eindringt, fliesst gewöhnlich ein Strom aus dem Persischen Meerbusen heraus in den Ocean, und vom Mai bis zum October in den Meerbusen hinein. In dem Manar-Golf zwischen Ceylon und Cap Cormorin fliesst die Strömung nach Norden vom Mai bis October und während der sechs übrigen Monate nach Südwest und Südsüdwest. Während des Südwest-Monsuns setzt der Strom zwischen der Küste von Malabar und den Lakediven nach Südsüdost mit einer Geschwindigkeit von 3 — 4 Meilen in 24 Stunden. Die Strömungen in dem Chinesischen Meere fliessen in einiger Entfernung vom Ufer gewöhnlich von der Mitte des Mai bis zur Mitte August mehr oder weniger nach Nordost und haben eine entgegengesetzte Richtung von der Mitte October bis zum März oder April. Ihre Stärke wird am meisten zwischen den Inseln und Untiefen gefühlt. Die stärksten Strömungen in diesem Meere giebt es längs der Küste von Cambodia während Ende Novembers. Sie fliessen mit einer Geschwindigkeit von 8 bis 11 Meilen in 24 Stunden nach Süden, zwischen Avarilla und Pulo Cecir da Terra. Einige Theile des Stroms setzen in die Strasse von Malakka und verursachen, dass die Fluth neun Stunden in einer Richtung und drei Stunden in der anderen fliesst.

Was die temporären Strömungen betrifft, so giebt es deren sehr viele; starke Stürme von langer Dauer treiben mit Leichtigkeit die Oberfläche des Wassers vor sich her. Sie werden besonders in Meeresstrassen und längs der Küste gefühlt, indem die beiden Grenzufer

Digitized by Google

oder die einzelne Küste sich dem weiteren Steigen des Wassers entgegenstellen und dasselbe in der Art der Fluthwellen zurückwerfen.

Bei der Beobachtung der Bewegungen des Meerwassers muss man nicht vergessen, jede Veränderung in seiner Lage in Anschlag zu bringen, welche von seiner verschiedenen specifischen Schwere abhängt. Untersuchungen in Süsswasserseen haben längst gezeigt, dass eine Masse des schwersten Wassers, oder Wasser, das sich einer Temperatur von 4,1° — 4,4° Cels. nähert, auf dem Grunde ungestört bleibt, ausgenommen durch das Einfliessen des mit Sediment beladenen Flusswassers, das Schlamm unter ihr ablagert. Die Untersuchungen von Sir James Ross in dem südlichen Ocean haben gezeigt, dass in ähnlicher Weise Wasser von einer gewissen Temperatur, nämlich von 4,1° Cels., am Boden bleibt, wobei entweder kälteres oder wärmeres Wasser, je nachdem der Fall ist, darüber hinfliesst. Aus vielen Beobachtungen wurde der Schluss gezogen, dass ein Gürtel dieses Wassers von einer gegebenen Temperatur in südlichen Breiten zur Oberfläche kommt und die ganze Wassermasse in jenem Kreise dieselbe gleichförmige Temperatur von der Oberfläche bis zum Grunde hat, während nach Norden zu gegen die Wendekreise und den Aequator hin Wasser von einer höheren Temperatur und südlich davon Wasser von einer niedrigeren Temperatur darüber fliesst. (Die mittlere Breite des Gürtels ist in 56° 26′ südl. Br.) Wenn man noch einen ähnlichen Gürtel gleichförmiger Temperatur in solchen Theilen der nördlichen Hemisphäre in Betracht zieht, welche vom Ocean bedeckt ist, so giebt es drei grosse thermische Becken, zwei gegen jeden Erdpol und einen mittleren Gürtel, durch dessen centralen Theil der Aequator geht. Sir James Ross macht darauf aufmerksam, dass in 45° südl. Br. die Temperatur von 4,1° Cels. bis zu 600 Faden hinabgestiegen ist und unter dem Aequator und zwischen den Wendekreisen zu einer Tiefe von ungefähr 1200 Faden geht, wo die Oberflächentemperatur etwa 25,5° C. beträgt. Sabine fand in 20° 30′ nördl. Br. und 83° 30′ westl. L. von Greenwich eine Temperatur von 7,5° C. bei 1000 Faden (6000 Fuss), während die Temperatur der Oberfläche 28,3° Cels. hatte. Capitain Wauchope erhielt in 10° nördl. Br. und 25° westl. L. bei 966 Faden 10,5° C., während die Oberflächentemperatur 26° C. betrug. In 3° 20′ südl. Br. und 7° 39′ östl. L. fand er bei 1300 Faden eine Temperatur von 6° Cels., während das Wasser der Oberfläche 22,7° Cels. hatte. Im Süden des Gürtels gleichförmiger Temperatur steigt die Linie von 4,1° C. hinab bis zu 750 Faden in 70° südl. Br., indem die Oberflächentemperatur dort — 1,1° Cels. beträgt.

Um eine Bewegung zu schätzen, die durch das Sinken von Wasser von einem specif. Gew. wie das von 4,1° Cels. hervorgebracht wird, welches eine gleiche Tiefe unter dem Wasser von geringerem Gewicht entweder von grösserer oder geringerer Temperatur im Norden und

Digitized by Google

Süden dieser Gürtel von gleichförmiger Temperatur anzunehmen sich bestrebt, müssen wir, unter der Voraussetzung, dass eine Annäherung an einen solchen Gürtel auch in der nördlichen Hemisphäre gefunden wird, die Entfernung von diesen Gürteln mit den Tiefen vergleichen, in welchen gegebene Temperaturen beobachtet wurden. Auf diese Weise erhalten wir für die Neigung auf jeder Seite des südlichen Gürtels, wenn man der grösseren Deutlichkeit halber eine Ebene voraussetzt, ungefähr 1 auf 1723 bis zu den 1200 Faden von 4,16° C. unter dem Aequator und von ungefähr 1 auf 1136 bis zu derselben Temperatur unter 750 Faden im 70° Südbreite. Ein so kleiner Winkel mit einer so allmäligen Temperaturveränderung kann kaum eine geologisch wichtige Seitenbewegung in der Masse des Meeres hervorbringen.

Es muss hier bemerkt werden, dass der Schluss, dass eine Temperatur von 4,16° Cels., welche James Ross fand, die des grössten specifischen Gewichts von Meerwasser sei, welches die gewöhnliche Menge und Qualität von Salzen in Lösung führt, nicht wohl mit den Versuchen in dem Laboratorium übereinstimmt. Marcet's Versuche zeigten, dass das grösste specifische Gewicht des Seewassers nicht bei 4,4° Cels. ist. In vier Versuchen kühlte Marcet Seewasser auf 7,7° und 7,2° C. und fand, dass es an Volumen abnahm, bis es eine Temperatur von — 5,5° C. hatte, worauf es sich etwas ausdehnte, bis es auf — 7,2° und — 7,7° C. reducirt war, worauf es sich plötzlich ausdehnte und bei — 2,2° C. Eis wurde. Nach Erman vermindert Salzwasser von dem specifischen Gewicht von 1,027 in Volumen bis — 3,8° C. und erreicht sein grösstes specifisches Gewicht nicht bis zum Gefrieren.

Diese Resultate deuten entweder auf irgend einen modificirenden Einfluss, welcher auf das Wasser des Oceans wirkt, auf Mängel in den Instrumenten, auf die Art ihrer Anwendung oder auf unbekannte Irrthümer bei den Versuchen hin. In beträchtlicher Tiefe kann der grosse Druck auf die Thermometerkugel, wenn sie unbedeckt gebraucht wird, einen Irrthum bezüglich der Wassermasse von gleichförmiger Temperatur von der Oberfläche nach abwärts hervorbringen. Wenn aber der Druck ein höheres Steigen in dem Thermometer hervorruft, so müsste dieses mit dem Druck wechseln; aber die Resultate stimmen hiermit nicht überein, wenn man nicht annimmt, dass die allmälige Zunahme des Druckes genau eine Abnahme in der Temperatur ausgleicht. Es verdient bemerkt zu werden, dass die Temperatur von ungefähr 4,1° C. diejenige ist, welche nach den Versuchen reinem Wasser zukommt, und dass Salzsolutionen bei geringeren Temperaturen dichter werden. Das Wasser unterhalb 90 Faden (540 Fuss) in dem Genfersee erhielt sich sowohl nach einem warmen Sommer und einem strengen Winter auf 6,5°, nicht auf 4,1° oder 4,4°, wie uns die Versuche in dem Laboratorium erwarten liessen. Aus Beobachtungen über die Temperatur in dem westlichen Theile des Mittelländischen Meeres in verschiedenen Tiefen

Digitized by Google

geht hervor, dass sämmtliches Wasser unter 200 Faden auf einer beständigen Temperatur von ungefähr 12,7° C. bleibt. (S. d'Urville Bull. de la Soc. de Geog. XVII. 82.)

Wenn wir 4,1° C. als die Temperatur des Meerwassers vom grössten specifischen Gewicht nehmen, so müssen wir beachten, dass die gelösten Salze keinen Einfluss auf dieses Gewicht ausüben, da das Wasser allein in Betracht kommt. Es wäre indessen wünschenswerth, dass Versuche über das specifische Gewicht des Meerwassers bei verschiedenen Temperaturen in dem Laboratorium wiederholt und Beobachtungen in verschiedenen Jahreszeiten über die Temperaturen von tiefen Süsswasserseen gemacht würden, um zu sehen, ob wir in irgend einer Weise die in dem Meere von James Ross erhaltene Temperatur von 4,1° C. als ein Resultat betrachten können, dem irgend ein modificirender Einfluss zugeschrieben werden kann.

Die Thätigkeit von Meeresströmungen in der Weiterführung von mechanisch in ihrem Wasser getragenen Stoffen, die von der Zersetzung oder Abreibung des Landes herrühren, hängt nothwendiger Weise von örtlichen Verhältnissen ab. Hier und da mögen die Fluthströmungen ihnen solche Materien überliefern, um sie in der Richtung zu tragen, in welcher sie sich bewegen, und grosse Flüsse, wie der Yang-tse-kiang, der Ganges, der Indus, der Niger und der Amazonenstrom, können Wassermassen entleeren, die über die Rückkehr der Fluthströme der Küsten hinaus fliessen und Sediment in die Meeresströmungen führen, welches sie allmälig zu Boden fallen lassen. Auf diese Weise kann dasselbe weithin verführt werden, besonders wenn die Tiefen beträchtlich sind, in die es zu fallen hat, ehe die Stagnation des unteren Wassers jeden, ausgenommen den senkrechten, Fall desselben verhindert. Wenn man indessen Weltkarten betrachtet, und solche der Meeresströmungen, Fluthströmungen und der verschiedenen Arten von Grund, die man bei Tiefmessungen gefunden hat, oder derartige Beobachtungen zusammenstellt, so erscheint der Boden des Oceans wenig durch Sedimentärablagerungen bedeckt, welche in mechanischer Suspension von den Strömungen darüber hin geführt wurden und die von den Continenten und den grossen Inseln herrühren. Die von dem Lande stammenden Stoffe scheinen grösstentheils als ein Saum von verschiedener Gestalt und Zusammensetzung an den Küsten niederzufallen, ein Saum, der sich wegen örtlicher Verhältnisse in einigen Fällen bisweilen zu weit grösseren Entfernungen erstreckt, als in anderen.

Obgleich der Meeresgrund nicht sehr bedeutend von den Ablagerungen aus Meeresströmungen bedeckt sein mag, welche Sediment von den grossen Continenten, Australien und den grösseren Inseln der Welt verführen, so werden doch die oceanischen Inseln zusammen bedeutende Ablagerungen liefern. Man wird finden, dass viele von diesen Inseln sich aus einer beträchtlichen Tiefe erheben, so dass das von ihnen als

Digitized by Google

Folge der Wirkung der Brandung herrührende Sediment, indem sie einer beinahe anhaltenden Abreibung ausgesetzt sind, durch die Meeresströmungen in eine beträchtliche Entfernung geführt werden kann, wenn es durch die die Inseln berührende Fluthwelle fortgeführt und den Meeresströmungen überliefert worden ist. Diese oceanischen Inseln sind hauptsächlich von zweierlei Art, nämlich eruptiven oder organischen Ursprungs. Was die ersteren angeht, so haben wir nicht nur das Sediment zu beachten, welches sie jetzt durch die Wirkung der Brandung liefern können, sondern auch die transportablen Stoffe, welche aus den vulkanischen Schlünden bei ihrer Erhebung ausgeworfen wurden, durch die Anhäufung von geschmolzenen Gesteinen, Lapillen und Aschen.

Anstatt der einfachen Anhäufung um die Eruptionsmündung, wie dieselbe unter gewissen Modificationen durch die Verbreitung der vom Winde fortgeführten Aschen und durch kleinere locale Bewegungen des Wassers in Meeren ohne Ebbe und Fluth stattfindet, können hier die vulkanischen Stoffe in mechanischer Suspension auf verschiedene Entfernungen nicht nur hin und her vertheilt werden, indem die Fluthwelle auf das neue Hinderniss ihrer Bewegung wirkt, sondern das feinere Sediment kann auch durch eine nahe Meeresströmung fortgeführt und weithin in ihrer Richtung getragen werden. Sobald eruptive Stoffe über das Meeresniveau erhoben werden, werden sie von der Brandung in Angriff genommen, und nur im Verhältniss zu ihrer Festigkeit und Masse kann der Theil über dem Wasser der zerstörenden Wirkung der Brandung etwas entzogen bleiben, um langsamer durch den vereinten Einfluss der Atmosphäre und des Meeres weggespült zu werden und sich mit Vegetation bedecken, wenn er in dazu geeigneten Klimaten gelegen ist. Manche Insel in dem Ocean ist für nichts weiter als der höhere Theil eines Vulkanes oder als Theil eines allgemeineren Systems vulkanischer Mündungen anzusehen, die sich über den Spiegel des Oceans erheben, indem die Masse und die Art der ausgeworfenen Stoffe hinreichend sind, sie dort zu erhalten. Es lässt sich erwarten, dass in einem grossen vulkanischen Districte, wie in dem von Island, sich Ausbruchsöffnungen in dem Meere nahe am Ufer, wie auf dem Lande bildeten. Eine vulkanische Eruption fand im Jahr 1783 daselbst ungefähr 8 Meilen vom Cap Reikianes Statt, und eine andere ebenfalls im Meere im Jahre 1830. Im Jahre 1811 war eine vulkanische Eruption im Meere bei St. Michael auf den Azoren, und es bildete sich endlich dort nach bedeutenden Ausbrüchen, wobei schwarze Aschensäulen bis zu einer Höhe von 700 und 800 Fuss geworfen wurden, eine Insel von ungefähr 300 Fuss Höhe und einer halben Stunde im Umkreis. Wir besitzen eine Beobachtung über die Art der Bildung dieser Insel. Zuerst sah man sie sich über das Meer erheben am 13. Juni 1811 und am 17. beobachtete sie Capitän Tillard, der Capitän der Fregatte Sa-

Digitized by Google

Ce qui est vrai pour les hommes l'est aussi pour les femmes. Les femmes ont besoin de vitamines, de minéraux et d'oligo-éléments pour rester en bonne santé. Mais elles ont aussi besoin de fer, de calcium et d'acide folique. Ces nutriments sont particulièrement importants pour les femmes enceintes ou qui allaitent. Ils sont également importants pour les femmes qui ont leurs règles.

Les femmes ont besoin de fer pour produire de l'hémoglobine, la protéine qui transporte l'oxygène dans le sang. Elles ont besoin de calcium pour maintenir leurs os forts et sains. Elles ont besoin d'acide folique pour prévenir les malformations congénitales du cerveau et de la moelle épinière chez le bébé.

Les femmes peuvent obtenir ces nutriments en mangeant une alimentation équilibrée. Elles peuvent également prendre des suppléments. Il est important de consulter un médecin avant de prendre des suppléments, car certains peuvent interagir avec des médicaments ou avoir des effets secondaires.

Les femmes doivent également faire de l'exercice régulièrement. L'exercice aide à maintenir un poids santé, à renforcer les os et les muscles et à réduire le risque de maladies chroniques. Il est recommandé aux femmes de faire au moins 30 minutes d'exercice modéré la plupart des jours de la semaine.

En plus de manger sainement et de faire de l'exercice, les femmes doivent également dormir suffisamment. Le sommeil est important pour la santé physique et mentale. Il aide à réparer le corps, à renforcer le système immunitaire et à réduire le stress. Les femmes doivent viser 7 à 8 heures de sommeil par nuit.

Les femmes doivent également éviter de fumer et de consommer de l'alcool. Le tabagisme et la consommation d'alcool peuvent augmenter le risque de nombreuses maladies graves, notamment le cancer, les maladies cardiaques et les accidents vasculaires cérébraux.

Les femmes doivent également se faire dépister régulièrement pour les maladies courantes. Le dépistage peut aider à détecter les maladies à un stade précoce, lorsqu'elles sont plus faciles à traiter. Les femmes doivent consulter leur médecin pour savoir quels dépistages sont recommandés pour elles.

En suivant ces conseils, les femmes peuvent rester en bonne santé et vivre une vie longue et épanouissante.

oder dass einige, die nicht weit unter der Oberfläche Ausbruchsstoffe anhäuften, nicht auch gelegentlich sich durch neue Aschenausbrüche eine Zeitlang über das Wasser erhoben, bis sie durch die Wirkung der Brandung entfernt wurden.

Chemische Niederschläge in Meeren.

Wir haben früher der chemischen Ablagerungen von kalkigem und anderem Sediment in Meeren ohne oder fast ohne Ebbe und Fluth gedacht, durch welche abwechselnde Schichten von thonigen Kalksteinen und Thonen oder Schnüren von thonigen Kalksteinknollen in den letzteren sich bilden können. Je nach dem specifischen Gewicht des Wassers solcher Meere, welches von der verschiedenen Menge der in ihm aufgelösten Stoffe herrührt, hängt, wie wir gesehen haben, die Entfernung ab, über die Flusswasser fliessen kann, vorausgesetzt, dass solche Flüsse in Bezug auf ihr Volumen und ihre Geschwindigkeit und die Menge der aufgelösten und mechanisch getragenen Stoffe sich gleich verhalten. In dieser Beziehung werden das Schwarze und Caspische Meer, so wie die Ostsee von einander abweichen, und die letztere in dem Charakter ihres Wassers mehr einem Süsswassersee sich nähern. Im Verhältniss bieten diese Wassermassen grössere Ruhe zur Bildung von chemischen Ablagerungen dar, als Meere mit Ebbe und Fluth, wobei natürlich die Tiefe in Anschlag zu bringen ist, bis zu welcher ihre Wasser durch oberflächliche Ursachen, wie Winde und Veränderungen in der Temperatur der Atmosphäre, berührt werden können.

In fluthlosen Seen, wie der Caspische, wo die durch die Flüsse herabgebrachten gelösten Substanzen in verhältnissmässig stillem Wasser sich anhäufen, lassen sich Ablagerungen erwarten, die in dem Ocean selbst an den Küsten nicht mit gleicher Leichtigkeit bewirkt werden.

In dem einen Falle hält die Verdunstung die Wassermenge nieder, und kann selbst sein Volumen während eines langen Zeitraumes vermindern, während in dem anderen diese Lösungen in die grosse Masse des Oceans treten, und sich so in ihm verlieren, dass nur einige von ihnen unter sehr günstigen Bedingungen sich als eine Decke oder Schichte auf einem früher gebildeten Theile des Meerbodens anhäufen können. Die Art, wie die Fluthwelle zweimal täglich das Flusswasser zurückwirft, und in Buchten das Seewasser mit dem von Flüssen mischt, ist allein ein wesentlicher Unterschied von dem Ausströmen der Flüsse, mit ihren Lösungen, welche unvermischt bleiben, bis das Flusswasser über das Meer fliesst. Statt einer verhältnissmässigen Ruhe der Wassermasse längs der Küsten, an welchen Ebbe und Fluth herrscht, ausgenommen da wo die Oberfläche durch Wellenschlag bewegt wird, bewegt sich dieselbe abwechselnd den einen oder

Digitized by Google

den anderen Weg, nicht selten in verschiedenen Richtungen, in Folge einer Modification des Grundes und der Art, in welcher die Fluthwelle an verschiedentlich gestaltete Massen des festen Landes anschlägt.

Wir haben oben des Unterschieds in Meeren ohne oder fast ohne Ebbe und Fluth gedacht, der von dem Unterschiede zwischen der Verdunstung auf ihrer Oberfläche und dem durchschnittlichen Zufluss von Wasser durch Regen oder Flüsse herrührt. Hiernach haben wir nicht nur Modificationen in den früher erwähnten sedimentären Ablagerungen, sondern auch in den chemischen zu erwarten. Ein isolirter Flächenraum, wie das Caspische Meer, kann, wenn die Verdunstung seines Wassers grösser als die Zufuhr ist, während einer solchen Abnahme Bedingungen bieten, die der Ablagerung von manchen Salzen günstig sind, während der grössere Theil des Wassers solche Salze noch in Lösung halten kann. Wenn seichte an die Küste grenzende Theile isolirt und deshalb von dem Zufluss der Flüsse abgeschlossen werden, können sie leicht sämmtliches Wasser verlieren und eine Salzschichte kann das Resultat sein. Ueberhaupt werden dann alle gelösten Substanzen abgelagert, und es wird von dem Klima des Ortes abhängen, wie lange sie den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sein können, ohne wieder entfernt zu werden. Es ist klar, dass solche Schichten später wieder durch gewöhnliche Sedimentärablagerungen in Folge geologischer Veränderungen bedeckt werden können.

An dem Caspischen Meere hat man besonders Gelegenheit, Gegenstände dieser Art zu studiren, die von bedeutendem geologischen Interesse sind, wenn man die Art des Vorkommens von Gyps und Steinsalz, ihr Zusammenvorkommen an manchen Orten und die sedimentären Schichten betrachtet, welche sie begleiten. Es ist noch wichtig, in solchen Theilen der Welt die wahrscheinliche jährliche Verdunstung der Oberfläche von Seen wie der Caspische und den jährlichen Zufluss von Wasser durch Flüsse und Regen zu ermitteln.

Es könnte durch geologische Veränderungen bewirkt werden, dass solche Wassermassen nicht mehr mit dem Ocean communiciren, Veränderungen, die z. B. den Persischen Meerbusen durch die Erhebung des Meeresbodens zwischen Cap Mussendom und den gegenüberliegenden Küsten bei Gru und Serik, oder das Rothe Meer durch die Erhebung des Bodens bei Bab-el-Mandeb in Binnenseen verwandeln könnten. Wenn man die klimatischen Verhältnisse, und den Mangel von Zuflüssen aus dem benachbarten Lande bei dem Rothen Meer in Betracht zieht, so lässt sich erwarten, dass dasselbe durch Verdunstung sein Wasser verliert, während dies bei dem Persischen Meerbusen von dem Unterschied zwischen der Verdunstung und dem Zufluss durch den Euphrat, Tigris und ihre Nebenflüsse abhängen würde. So weit wir wissen, kommt dieser Zufluss der Evaporation nicht gleich, so dass beide Wassermassen sich wie die Caspi-See verhalten würden.

Digitized by Google

Beobachter in solchen Theilen der Welt würden wohl daran thun, diese Verhältnisse näher zu untersuchen, um über die wahrscheinlichen Folgen solcher Oberflächenveränderungen ins Klare zu kommen, hauptsächlich in Betracht der Ablagerungen von Substanzen, die sich jetzt in diesen Meeren gelöst finden, und ihrer Vermischung mit gewöhnlichem Sediment. In Bezug auf geologische Theorien werden solche Beobachtungen von grossem Werthe sein. Angenommen, dass das Rothe Meer sich in eine Binnensee verwandelt, so wird sich unter günstigen Verhältnissen nicht nur eine Mischung von chemischen und sedimentären Ablagerungen bilden, sondern dieselben werden auch Korallenbänke und Riffe einschliessen.

Ein Blick auf eine Karte von Asien lehrt, dass ein sehr grosser Flächenraum, der sich über siebzig Längengrade von dem Schwarzen Meere bis nach China hin erstreckt, mit einer wechselnden Breite zwischen fünfzehn und zwanzig Graden, weder direct noch indirect seinen Wasserabfluss in den Ocean hat. Wir haben Gründe zur Annahme, dass dieses eine Landmasse ist, welche durch geologische Veränderungen von einem solchen Abfluss abgetrennt wurde, indem die Caspische See, der Aralsee mit zahllosen kleineren Wassermassen die Zuflüsse dieses grossen Flächenraumes erhalten, welche von der Verdunstung übrig bleiben. Die letztere kann in manchen Theilen eines solchen Raums den Zufluss vollständig überwältigen, wobei die in dem früher vorhandenen Wasser aufgelösten Salze Schichten bilden, die den kleineren Flächen oder Seen entsprechen, wenn solche Lösungen mit Kochsalz oder nach Umständen mit anderen Substanzen gesättigt waren, wobei die am schwersten löslichen Substanzen zuerst niederfielen. In einem trockenen Klima wird dann das nicht fest gewordene Sediment durch die Winde herumgeweht und bildet Wüsten, wie wir solche in jener Gegend haben, und von welchen die grosse chinesische Wüste Kobi oder Schamo die grösste ist. In allen solchen Ländern wird die sorgfältige Untersuchung der Ufer dieser verschiedenen Binnenmeere und Binnenseen zu sehr werthvollen Resultaten führen, wenn man dabei die physikalischen Verhältnisse ins Auge fasst, welche die Isolirung von seichten Theilen verursachten. Auch muss man die Salzablagerungen mit Rücksicht auf ihren Ursprung in Folge möglicher geologischer Veränderungen studiren, indem seichte Meeresbuchten vom Ocean abgetrennt wurden, besonders in warmen und trockenen Klimaten, sowie durch die theilweise oder totale Verdunstung von Salzseen.

Auf grossen Ebenen, welche sich hier und da an den Ufern des Meeres finden, und die zu gewissen Zeiten trocken werden, so dass Lachen von Seewasser zurückbleiben, verdunsten und das Salz zurücklassen, haben wir, besonders in trockenen und warmen Klimaten, die Bedingungen für die Anhäufung dünner Salzschichten, oder anderer aufgelöster Stoffe, die unter günstigen Verhältnissen von sedimentärem

Digitized by Google

Schlamm bedeckt und zum Theil erhalten werden können; aber diese Ablagerungen haben nicht die Wichtigkeit der oben erwähnten. Auch hier ist es wichtig, diese Orte mit Rücksicht auf die chemischen Ablagerungen zu untersuchen, welche mit dem Sediment vermischt werden.

Von den chemischen Ablagerungen sind die Kalkablagerungen von der grössten geologischen Wichtigkeit. Wir haben früher das Entstehen derselben an der Luft und in Süsswasserseen erwähnt. Fest gewordene Ufer an manchen Küsten, wie die in Kleinasien, sind zum grossen Theil die Folge von Verdunstung von Wasser, welches doppelt kohlensauren Kalk in Lösung enthält, und durch die Ufer durchsickert. An anderen Orten hängt das Festwerden von Eisen oder Manganoxyden und anderen Substanzen ab. Die Art, wie sich Kalksteinschichten in dem tieferen Meere durch chemische Ablagerungen allein bilden, ist noch nicht hinlänglich bekannt, sie findet indessen gewiss Statt. Die Flüsse, welche sich in die Meere mit oder ohne Fluth und Ebbe ergiessen, bringen Kalk in Lösung in verschiedener Menge mit sich. So lange die für die Lösung des kohlensauren Kalkes nöthige Menge Kohlensäure bleibt, wird derselbe im Wasser gelöst bleiben, wird sie aber durch die Verdunstung des Meerwassers an seichten Stellen oder auf irgend eine andere Weise entfernt, so wird der kohlensaure Kalk abgelagert, wenn die Kalkerde nicht in eine andere Verbindung eintritt.

An seichten Stellen in Meeren mit Ebbe und Fluth, besonders in warmen Klimaten und wo während der niedrigsten Ebbe Wasserlachen eine hinreichende Zeit zurückbleiben, wird eine wenigstens theilweise Verdunstung und ein Verlust der Kohlensäure stattfinden, wodurch der gelöste kohlensaure Kalk niederfällt. Man sieht dies besonders in tropischen Ländern, wo stark mit doppelt kohlensaurem Kalk beladenes Wasser langsam in eine Bucht fliesst, selbst an Orten, wo die Fluth wenig steigt und fällt, wie in Jamaika. An solchen Orten beobachtet man auch oft die Bildung der Rogensteine oder Oolithe, aus Körnern bestehend, welche aus concentrischen Schaalen von kohlensaurem Kalk gebildet sind. Eine leichte Hin- und Herbewegung durch kleine Wellen halten den kohlensauren Kalk in Bewegung und in kleine Theilchen getrennt, so dass statt einer zusammenhängenden Decke von Kalk eine Menge von diesen kleinen Körnern gebildet wird. Ein kleines Muschelstückchen und selbst ein kleiner Krystall von kohlensaurem Kalk reicht zur Bildung eines Korns für die concentrischen Schaalen dieser oolithischen Körner hin. Man muss die Gelegenheit nicht versäumen, die Art und Weise zu beobachten, in welcher sich die Körner mechanisch anhäufen, gleich anderen Körnern durch das Bespülen des Meeres oder durch die von kleineren Fluthströmungen herrührenden Driftströmungen, da sich dadurch Unterschiede oder Aehnlichkeiten beurtheilen lassen, welche man bei den aus Oolithkörnern gebildeten Anhäufungen

Digitized by Google

und Schichten in den Kalkablagerungen von verschiedenem geologischen Alter findet.

Während man die Art und Weise, in welcher sich Kalk an den Meeresufern absetzt, auf diese Weise vortheilhaft studiren kann, so haben wir in Bezug auf Niederschläge dieser Art in tiefem Wasser nur Vermuthungen. Auf dem früher erwähnten Wege wird eine grosse Menge von kohlensaurem Kalk, der durch die nöthige Menge von Kohlensäure in Auflösung gehalten wird, durch die Flüsse ins Meer geführt, ohne Zweifel in einigen Fällen mehr als in anderen, aber im Ganzen doch in ziemlich weiter Verbreitung. Ob wir gleich im Meere Lösungen von einer grossen Mannigfaltigkeit von Substanzen haben, indem der Zufluss vom Lande dieselben beständig zuführt, so würden wir doch über diesen Gegenstand weit mehr wissen, wenn Wasser von verschiedenen Welttheilen und an verschiedenen Küsten gesammelt und untersucht worden wäre.

Nach Forchhammer findet man die grösste Menge von Salz in dem Atlantischen Ocean zwischen den Wendekreisen weit vom Lande entfernt, indem an solchen Stellen das Meerwasser 3,66 Proc. Salz enthält. Er bemerkt, dass die Menge sich nach der Küste zu vermindert, weil die Flüsse ihr Wasser in das Meer ergiessen, und dass sie sich auch in dem westlichen Theile des Golfstroms vermindert, wo die Menge 3,59 Proc. beträgt. Durch die Verdunstung des Wassers des Golfstroms soll sich die Menge von Salz nach Osten hin vermehren und in 39° 39′ nördl. B. und 55° 16′ westl. L. 3,65 Proc. betragen. Von da nimmt es langsam nach N.-O. ab und in einer Entfernung von 15 bis 17 Meilen von den westlichen Küsten von England enthält das Atlantische Meer 3,57 Proc. fester Substanz in Auflösung. Dieselbe Menge von Salz findet man überall über den nordöstlichen Theil des Atlantischen Oceans so weit nördlich wie Island in einer Entfernung vom Lande, wo der Ausfluss der Flüsse keine Wirkung ausübt.

Bei allen Beobachtungen dieser Art muss man die Tiefe, aus welcher das Wasser kommt, in Betracht ziehen. Dass Fluss- und Regenwasser über das Meereswasser fliesst oder sich darüber erhält, ist wohl bekannt, indem nur eine allmälige Vermischung der Wasser Statt hat. Dieses süsse Wasser wird zuerst verdunsten, während es sich so über der allgemeinen Salzlösung befindet. Es ist wünschenswerth, dass Wasser von verschiedener Tiefe untersucht wird, besonders wenn wir die möglichen vertikalen, wie horizontalen Modificationen in dem Salzgehalte des Seewassers kennen lernen wollen.

Was den chemischen Charakter des Salzgehaltes in dem Atlantischen Meere angeht, so scheint derselbe nicht sehr veränderlich zu sein. Forchhammer folgerte aus seinen Untersuchungen, dass Kalk in der Nähe der westindischen Inseln, wo Myriaden von Polypen denselben für ihre festen Korallenbauten verwenden, ziemlich sparsam ist,

Digitized by Google

indem die Menge von Kalk zum Chlor sich dort wie 247 : 10,000 verhält, während derselbe im Kattegat sich viel häufiger findet, wo ein Theil des von den zahllosen Flüssen in die Ostsee gebrachten Kalks zum Ocean kommt. In dem Kattegat verhält sich die Menge von Kalk zum Chlor wie 371 : 10,000. In dem Atlantischen Ocean ergaben 17 Analysen 297 : 10,000 und zwischen den Faröern und Grönland 18 Analysen ein Verhältniss von 300 : 10,000.

So beschränkt diese Untersuchungen auch bis jetzt sind, so reichen sie doch hin, um die modificirenden Einflüsse der Nähe des Landes, der Tropenhitze, des Schmelzens des Eises in den Polargegenden und der Meeresströmungen aus einer Gegend in eine andere darzuthun.

Als Geologen haben wir zu untersuchen, ob die aufgelösten Salze, welche durch die Flüsse vom Lande kommen, auf den Meeresboden innerhalb einer mässigen Entfernung vom Lande oder weiter davon entfernt in dem tieferen Ocean niederfallen. Was den Kalk angeht, so kann er vermittelst der ausfliessenden Flüsse auf verschiedene Entfernungen über das schwere Seewasser getragen, um wahrscheinlich noch weiter nach aussen und in grössere Wassertiefe geführt zu werden, wenn eine Meeresströmung sich des Flusswassers bemächtigt. Es würde wichtig sein, bei passenden Gelegenheiten Wasser aus solchen Strömungen sorgfältig mit Rücksicht auf seinen chemischen Charakter zu untersuchen. In warmen Klimaten könnte eine grosse Verdunstung von dem oberen Theile des Flusswassers, welches langsam über die Oberfläche des Meeres fliesst, Statt haben und in Bezug auf die gelösten Stoffe merkliche Resultate zur Folge haben.

Wenn wir Analysen von Seewasser vergleichen, um zu lernen, in welcher Beschaffenheit der Kalk darin enthalten ist, so finden wir, dass noch genug aus genaueren Analysen zu lernen ist. Es ist leicht zu begreifen, dass, während kohlensaurer Kalk durch die nöthige Menge Kohlensäure in Auflösung in einige Theile des Oceans kommt, derselbe durch Vermittlung des thierischen Lebens in einer anderen Gegend in feste Form kommt, und zwar in Gegenden, wo der Zufluss keine Ausgleichung bewirkt, so dass endlich sehr ungleiche Mengen in Lösung vertheilt sind. Aber es würde vortheilhaft sein, solche Thatsachen noch sorgfältiger zu ergründen, und zwar mit Rücksicht auf die Verbindung, in welcher sich die Kalkerde in den verschiedenen Theilen des Oceans findet.

Was die Ablagerung von kohlensaurem Kalk aus dem Meerwasser angeht, so ist zu bemerken, dass Flusswasser gewöhnlich eine kleine Menge von kieselsaurem Kali in Auflösung enthalten, dass die Kohlensäure des Meerwassers, die den kohlensauren Kalk darin in Auflösung erhält, auf dieses Silikat wirkt, es zersetzt und ein Kalicarbonat bildet. Da auf diese Weise das Lösungsmittel dem kohlensauren Kalk entzogen ist, so wird der letztere sich niederschlagen und ein neuer Antheil

Digitized by Google

würde durch die Doppelzersetzung des neu gebildeten kohlensauren Kalis und des schwefelsauren Kalks sowie des Chlorcalciums, wenn solche zugegen sind, gebildet werden. Dieser Zersetzungsprocess kann die Gegenwart der in Kalksteinen so häufigen Kieselerde erklären. Es mag indessen hauptsächlich von der Wirkung der Vegetation auf Meerwasser abhängen, dass sich in demselben kohlensaurer Kalk absetzt. Meerespflanzen entziehen dem Wasser beständig Kohlensäure, wie die Landpflanzen der Luft, so dass durch deren Entfernung von dem aufgelösten doppelt kohlensauren Kalk einfach kohlensaurer Kalk niederfällt.

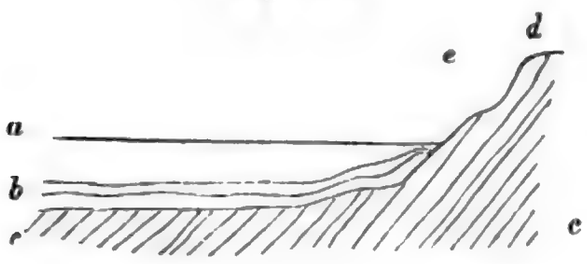
Unabhängig von den durch Flüsse in das Meer geführten löslichen Stoffen, die ihm häufig das wiedergeben, was in früheren geologischen Perioden angesammelt wurde, muss man der vulkanischen Thätigkeit auf dem Meeresgrunde nicht vergessen, durch welche Material zu Inseln über die Oberfläche des Wassers aufgeschüttet wird, und wodurch auch gewiss eine grosse Menge von Stoffen in Auflösung kommt. Wenn man die durch Vulkane an der Luft emanirten Gase und Substanzen ins Auge fasst, so müssen mancherlei Verbindungen und Zersetzungen entstehen. Auch wenn man die Tiefe in der Nähe gewisser vulkanischer Inseln berücksichtigt, so ergiebt sich, dass kein geringer Druck auf die frühere vulkanische Thätigkeit unter dem Meere und hierdurch ein wichtiger modificirender Einfluss ausgeübt worden sein muss. Umgeben von Wasser von niedriger Temperatur, welches die aus der Nähe der Eruptionsöffnung aufsteigenden erhitzten Wasser ersetzte, mussten gewisse Substanzen, die nur bei einer höheren Temperatur löslich sind, in kälterem Wasser niedergeschlagen werden, und konnten auch nachdem sie durch die erhitzten Wasser in die Höhe gebracht waren, durch Meeresströmungen weiter verbreitet werden, vorausgesetzt, dass die erhitzten Wasser entweder zu einer hinreichenden Höhe unter der Oberfläche des Wassers stiegen oder dort entstanden, wo diese Strömungen sich fühlbar machten. Ohne weiter auf diesen Gegenstand einzugehen, machen wir nur darauf aufmerksam, dass das Meer in vulkanischen Gegenden nicht nur Salzlösungen aufnehmen kann, welche durch die Gegenwart gewisser Substanzen charakterisirt sind, die gewöhnlich nicht durch die Flüsse hineingeführt werden, und ebenso dass eine untermeerische Thätigkeit entweder direct oder indirect chemische Ablagerungen bewirken kann, welche unter gewöhnlichen Umständen entweder gar nicht oder doch nicht so reichlich gebildet werden.

Es ist nicht nöthig, dass chemische Niederschläge horizontal abgelagert werden, sondern sie können sich in beträchtlicher Neigung bilden, wenn irgend eine vorher vorhandene Oberfläche ihnen die nöthigen Bedingungen darbietet. Zahllose Ablagerungen bilden sich sowohl auf den Seiten wie auf dem Boden von Gefässen, die Lösungen enthalten. Deshalb haben wir Ablagerungen in einem grossen Maassstabe,

Digitized by Google

die leicht Täuschungen veranlassen können. Wenn z. B. *a* in dem folgenden Durchschnitt (Fig. 68) die Oberfläche einer Flüssigkeit ist, wie das Meer, aus welcher die Schichten *b*, z. B. Kalksteine, aus chemischer Lösung auf die früher vorhandene Oberfläche *c d* der Schichten *c c* abgelagert wurden, so könnte man den Schluss machen, wenn nur ein Theil eines solchen Durchschnitts später bloss gelegt würde, dass Bewegungen des Landes stattgefunden haben, wodurch diese Schichten erhoben wurden, während sie doch in Bezug auf ihre Lage seit ihrer Ablagerung in vollkommener Ruhe waren. Selbst wenn man im Allgemeinen etwas horizontale Ablagerungen dieser Art erwarten muss, so findet man doch oft, dass sie sich nach den Unregelmässigkeiten des Bodens, auf welchem sie niederfielen, geformt haben.

Fig 68.



Erhaltung organischer Reste in Niederschlägen.

Dies ist ein wichtiger Gegenstand für den Geologen, der sich darüber Rechenschaft geben will, auf welche Art die versteinerungsführenden Gesteine abgelagert wurden. Die Kenntniss der Lebensweise der Pflanzen und Thiere ist für den Geologen wichtig, da er durch sie beurtheilen lernt, wie Pflanzen und Thiere unter gewissen Verhältnissen durch ihre Reste die Masse der jetzt stattfindenden Gesteinsablagerungen vermehren, und selbst bisweilen mächtige Schichten über beträchtliche Flächenräume ohne die Beimischung von Schlamm oder irgend einem anderen Sediment bilden können. Man richte zuerst seine Aufmerksamkeit auf die Art und Weise, wie Geschöpfe des Landes begraben werden. Wenn Landpflanzen absterben, so gehen zwar im Ganzen ihre Elemente in die Atmosphäre und in den Boden zurück, aus welchem sie stammten, indem die Bewegungen der Thiere, die sich von ihnen nähren, in so weit als local gelten können, als sie sich an den Boden halten, von dem sie ihre Nahrung bekommen, und durch ihre Excremente demselben ersetzen, was die Pflanzen von ihm entfernt hatten. Indessen giebt es doch Verhältnisse, unter welchen Theile der jetzigen Vegetation dauernd aufbewahrt werden können.

Den atmosphärischen Einflüssen nach dem Absterben ausgesetzt, verwesen die Pflanzen auf verschiedene Weise nach ihrer Structur und nach dem Klima des Ortes. Die Schnelligkeit, mit welcher die Verwesung in manchen tropischen Ländern vor sich geht, verdient alle Aufmerksamkeit, da bisweilen die äusseren Theile eines grossen, umgestürzten Baumes ihre Form erhalten können, während das Innere hohl

Digitized by Google

und mit Blättern angefüllt ist, oder von thierischem Leben wimmelt. Diese Art des Zerfallens ist noch belehrender, wenn in tropischen, der Ueberschwemmung ausgesetzten Niederungen bei aufrechten Stämmen die äusseren Theile hinreichend lange erhalten bleiben, so dass ihre inneren Höhlungen theilweise oder ganz mit Blättern, Schlamm oder Sand gefüllt werden, wobei die ganze Niederung sich ausfüllt und Schlamm, Schlich und Sand sich um diese Stämme anhäufen, dieselben in aufrechter Stellung ohne ihre Gipfel begraben, obgleich die Wurzeln in ihrer ursprünglichen Ausdehnung erhalten bleiben. Das Studium von Sedimentärablagerungen in den Deltas von Flüssen bei der üppigen Vegetation mancher tropischen Länder ist sehr belehrend in Bezug auf gewisse Ablagerungen, an welchen Pflanzenreste einen hervorragenden und wichtigen Antheil haben. Hinter Mangroveniederungen sieht man Vieles, was eine geologische Bedeutung hat, besonders wenn der Beobachter seine Aufmerksamkeit darauf richtet, wie thierische und vegetabilische Reste sich mit Sediment mischen und endlich davon bedeckt werden.

Nicht nur in tropischen, sondern auch in aussertropischen Ländern sind grosse Strecken von Marschland, auf welchem sich seichte Seen befinden, der Anhäufung von vegetabilischen Substanzen sehr günstig. Die Blätter von Bäumen, die an solchen Orten wachsen, fallen auf das Wasser, nehmen eine horizontale Lage an und verbreiten sich in gewissen Klimaten und Jahreszeiten in einer Schichte über ihre Oberfläche. Allmälig saugen dieselben Wasser ein und sinken zu Boden. Wenn von Zeit zu Zeit Ueberschwemmungen feine Mineralstoffe an solche Stellen bringen, so sinken diese nieder und auf diese Weise können die Blätter in dünnen mit dem thonigen Sediment abwechselnden Schichten erhalten werden. Trifft es sich, dass Wasser, welches kohlensauren Kalk in Lösung enthält, entweder allmälig und beständig oder durch plötzliche Ueberschwemmung herbeigeführt wird, so werden die Blätter und andere Pflanzenreste in einer Ablagerung von kohlensaurem Kalk erhalten werden, der je nach der Beimischung von anderen gelösten oder mechanisch herbeigeführten Substanzen mehr oder weniger rein ist.

Auch die Art, wie die Torfgründe sich bilden, verdient unsere ganze Aufmerksamkeit. Viele zeigen keinen weiteren Fortschritt mehr über seichte Seen, während dies bei anderen der Fall ist. In dem letzteren Falle finden wir, wie Wasserpflanzen, z. B. grosse Binsen und Nymphäen, Schlamm und zerstörte Pflanzenreste um ihre Wurzeln anhäufen, auf denen endlich die Sumpfpflanzen vorrücken, von welchen in unserem Klima das Sphagnum palustre die wichtigste ist. Wenn diese unten absterben, dauert oben eine neue Generation fort, bis zu einem Niveau, wo sich die nöthige Feuchtigkeit findet. In diesen mitunter sehr ausgedehnten Moorgründen findet man oft Bäume in einer Weise, aus

Digitized by Google

welcher hervorgeht, dass von Zeit zu Zeit die Bedingungen für das Wachsthum von Eichen und anderen Bäumen günstig waren, so dass man in demselben Torfboden bisweilen verschiedene Horizonte von ihnen findet.

Die Grösse der Torfgründe ist so verschieden wie der Boden, auf welchem sie ruhen. Bisweilen ist der letztere aus einem Muschelmergel gebildet, der sich auf dem Boden von seichten Seen vor dem Vorrücken von Wasserpflanzen auf demselben angehäuft hat. Die Dicke der Torfgründe ist verschieden, 10 — 30 — 40 Fuss ist nichts Ungewöhnliches. Von den Pausen in der Anhäufung, die hinreichend sind, dass Bäume auf dem Moore wachsen und Häuser darauf erbaut werden können, liefert ein altes hölzernes Haus, das im Juni 1833 in dem Drumkelin-Moor im Nordosten der Grafschaft Donegal in Irland aufgefunden wurde, ein ausgezeichnetes Beispiel. Es war 16 Fuss unter der Oberfläche des Torfmoors und stand auf 15 Fuss Torf, so dass die ganze Mächtigkeit an jener Stelle 31 Fuss betrug. Das Haus war ein Quadrat von 12 Fuss Länge und 9 Fuss Höhe und bestand aus zwei Böden, das Dach aus dicken Eichenplanken, aus welchem Holz auch das ganze Haus und zwar ohne Eisen gebaut war. Als man den Torf von dem Niveau des Hauses entfernte, entdeckte man einen gepflasterten Weg, der bis zu einem mehrere Schritte davon entfernten Heerd führte, welcher mit Asche, Holzkohlen, Nussschalen und halbverbrannten Holzspalten bedeckt war. Nahe am Hause fanden sich Eichenstümpfe, die zur Zeit wuchsen als es bewohnt war. Eine Lage Sand war vor der Errichtung des Hauses über den Boden verbreitet worden. Alles deutete auf einen Ruhezustand in dem Wachsthum dieses Theiles des Torfmoors hin, so dass eine Veränderung der Verhältnisse in Bezug auf den Wasserabfluss nöthig scheint, um die Anhäufung von 16 Fuss weiter nach der Errichtung dieses hölzernen Gebäudes zu erklären. Es kann sein, dass ein Ausbruch in einem Theile des Moores, von denen man einige kennt, diesen Ort begrub, indem an einer benachbarten Stelle weicher Torfschlamm sich allmälig unter günstigen Umständen zu einem höheren Niveau anhäufte.

Torfmoore sind sehr unregelmässig vertheilt und bilden sehr ungleiche Stellen in Bezug auf Flächenraum und Dicke. Den von Torfmooren eingenommenen Flächenraum schätzt man in Irland allein auf 5,500,000 Morgen. Wegen ihres Gerbestoffs findet man oft thierische und vegetabilische Substanzen in ihnen wohl erhalten und in Folge davon haben wir Ueberreste aller Zeiten überliefert erhalten, die uns ausserdem unbekannt geblieben sein würden. Andere Gegenstände sind offenbar darin verloren worden. In Irland hat man schöne Schwerter von Bronze, Speerspitzen und andere Zierrathen und Waffen seiner alten Einwohner in Torfgründen gefunden. Natürlich finden sich auch die Reste von Thieren, die in dem Moor umkamen.

Von torfähnlichen Anhäufungen in einem warmen Klima giebt

Digitized by Google

uns der „schreckliche Sumpf" (Dismal swamp), der theils in Virginien und theils in Nord-Carolina gelegen ist und eine Länge von 10 Meilen von Norden nach Süden und eine grösste Breite von 7 — 8 Meilen hat, ein treffliches Beispiel. Lyell beschreibt diesen Sumpf als einen ungeheuren weichen und schlammigen Morast, ausgenommen da, wo die Oberfläche durch eine Decke von Vegetabilien und ihre verschlungenen Wurzeln bedeckt ist. Die Masse, welche hauptsächlich aus vegetabilischen Stoffen gebildet und grösstentheils schwammig ist, und Baumstämme und Aeste enthält, hat so viel Wasser, dass die inneren Theile des Sumpfes die höchsten sind, und sich von allen Seiten über das umgebende feste und trockene Land erheben, ausgenommen 3 — 4 Meilen auf der Westseite, wo Flüsse aus grösseren Erhebungen einfliessen. Die grösste Höhe des inneren Theils über die Seiten wird auf ungefähr 12 Fuss geschätzt und in diesem befindet sich ein fast $1^3/_4$ Meilen langer und $1^1/_4$ Meilen breiter See. Die grösste Tiefe desselben ist 15 Fuss, die Seiten bestehen aus steilen Ufern von vegetabilischer Masse und der Boden wird hauptsächlich von derselben Masse in einem höchst zerkleinerten Zustand mit bisweilen fussdickem weissen Sand gebildet. Mit Ausnahme der erwähnten Seite fliessen Bäche aus allen übrigen Theilen des Randes dieses Sumpfes aus.

Es ist eine sehr merkwürdige und geologisch wichtige Thatsache, dass auf der Oberfläche dieses Sumpfes selbst Bäume wachsen. Lyell erwähnt, dass Cypressen (Cupressus thyoides) fest an den weichsten Stellen stehen und von ihren langen Pfahlwurzeln getragen werden. Mit anderen Immergrünen bilden diese Bäume ein Schattendach, unter dem eine Menge von Fahren, Rohrarten und Sträuchern wachsen. Auch die grosse Ceder (Cupressus disticha) gedeiht an günstigen Stellen. Lange und starke Baumstämme liegen in dem Sumpf begraben. Sie werden leicht durch heftige Winde entwurzelt und durch den Schlamm bedeckt, wo sie mit Ausnahme des jungen Holzes erhalten bleiben. Man findet eine Menge von diesem Holz einen oder zwei Fuss von der Oberfläche, und es wird noch halb unter Wasser in Planken zersägt. Bären bewohnen den Sumpf und erklettern die Bäume nach Eicheln und Gummibeeren. Es giebt auch wilde Katzen darin und bisweilen einen Wolf, so dass Thiere dieser Art oft in dem Schlamm umkommen und ihre Knochen in demselben begraben werden müssen. In der That ist in einer Gegend wie diese, die einen Flächenraum von 70—80 Quadratmeilen einnimmt, die Menge der sich in einer ausgedehnten Masse anhäufenden pflanzlichen und thierischen Stoffe nicht wenig bemerkenswerth. (Siehe Lyell's Reisen, deutsch von Wolff. Seite 90.)

In manchen Ländern führen Flüsse nicht nur die kleineren Pflanzen mit Blättern und Zweigen von grösseren mit sich, sondern es werden auf diese Weise auch Bäume fortgeführt und ein Theil von ihnen innerhalb der Sedimentablagerungen der Flüsse selbst gehalten, ein an-

Digitized by Google

derer nach dem Meere geschwemmt. Nicht in lange cultivirten Ländern kann man die Menge von grossen und kleinen Pflanzen, die die Flüsse mit sich führen, am besten beobachten, obgleich auch diese während Ueberschwemmungen oft grosse Bäume mit fortreissen, sondern hauptsächlich dort, wo der Mensch noch nicht die Vegetation oder den Lauf der Flüsse modificirt hat. Wir haben dann Verhältnisse, die denen gleichen, unter welchen vegetabilische Reste mit den Sedimentablagerungen früherer geologischer Epochen sich mischten. In dieser Beziehung ist der Lauf solcher Flüsse, wie des Mississippi und seiner Nebenflüsse noch sehr instructiv, obgleich andere Flüsse in Ländern, die durchaus noch nicht von Menschen cultivirt sind, noch lehrreicher sein mögen. Die Snags des Mississippi oder grosse, von seinen Ufern oder denen seiner Nebenflüsse weggeführte Baumstämme, die gleichsam mit ihren Wurzeln in den Grund des Stromes festgeankert sind, und deren Gipfel unter seiner Kraft sich biegen, sind wohlbekannte Beispiele, wie Bäume in ihrem Lauf aufgehalten werden. Derselbe Fluss oder vielmehr einer von seinen Deltaströmen, der Atschafalaya, liefert uns ein gutes Beispiel von einer grossen Anhäufung von einigen dieser Driftbäume innerhalb der letzten 80 Jahre. Ungefähr seit dieser Zeit fuhren sich Bäume in dem Kanal fest, ihre Zahl wuchs, bis sie endlich eine unregelmässig vertheilte Masse, ein sogenanntes Raft bildeten, das auf eine Entfernung von fünf Meilen mit dem Wasser steigt und fällt und an einigen Orten fest verwoben ist. Im Jahr 1808 schätzte man den kubischen Inhalt dieser Ansammlung von Treibholz auf 286,784,000 Fuss. Wenn das Bett des Atschafalaya durch irgend eine Veränderung der Verhältnisse wasserleerer würde, und das Raft in dem Kanal sinken und mit feinem aus dem langsam seinen Weg in das alte Flussbett findenden Schlammwasser herrührenden Sediment bedeckt würde, so könnte die Folge ein langes Braunkohlenlager sein, welches den fünf Meilen des alten Kanals dieses Flusses entspricht.

Wenn wir die grossen Flüsse der Erde ins Auge fassen, so müssen wir zu der Ueberzeugung kommen, dass eine Menge von Pflanzen und Bäumen von verschiedener Art und Structurverhältnissen je nach den Klimaten jährlich begraben werden, und jene Zersetzung verhindert wird, die sie erlitten haben würden, wenn sie nach ihrem Absterben bloss atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt gewesen wären. Ein grosser Theil von dieser Vegetation wird ohne Zweifel noch später in den Deltas zersetzt, aber ein anderer muss auch in Ablagerungen begraben werden, die die gewöhnlichen atmosphärischen Einflüsse ausschliessen und die Pflanzen unter Verhältnissen zurücklassen, die ihrer allmäligen Umwandlung in Braunkohle günstig sind — Verhältnisse, wie sie offenbar bei den über den Continent von Europa sich findenden Braunkohlenablagerungen aus der meiocenen Zeit Statt hatten. Die mit dem Holze vorgegan-

Digitized by Google

genen chemischen Veränderungen, um dasselbe in Braunkohle zu verwandeln, bestehen darin, dass dem Holze, welches besteht aus

36 Kohlenst. + 44 Wasserst. und 22 Sauerst.

3 Aeq. Kohlensäure = 3 Kohlenst. + 6 Sauerst.

und dem übrigen bleibenden Rest

1 Aeq. Wasserstoff 2

entzogen werden, wo

der Rest 33 Kohlenst. + 42 Wasserst. + 16 Sauerst.

die Zusammensetzung der Braunkohle von Laubach giebt. Bildung von Kohlensäure durch die Zersetzung ist hier das Wesentliche. Bei den Braunkohlen, wo der atmosphärische Sauerstoff nicht so vollkommen abgeschlossen ist, bemächtigt sich dieser noch eines Theils Wasserstoff, den er oxydirt. Durch weitere Zersetzung kann die Holzfaser in Steinkohle übergehen, wobei sich Kohlensäure, Wasser, Grubengas und Steinkohle bildet. Die Formel 24 C + 26 H + O drückt sehr genau die Atomverhältnisse in der Splintkohle von Newcastel aus. Zieht man

von dem Holze	=	36 C	+	44 H	+	22 O
9 Aeq. Kohlensäure	=	9 C			+	18 O
		27 C	+	44 H	+	4 O
3 Aeq. Wasser	=			6 H	+	3 O
		27 C	+	38 H	+	O
3 Aeq. Grubengas	=	3 C	+	12 H		ab,
so bleibt übrig		24 C	+	26 H	+	O,

welches die Zusammensetzung der Splintkohle von Newcastel ist. Indessen ist hier gleich zu bemerken, dass, wenn auch Treibholz und angeschwemmte vegetabilische Substanzen in dieser Weise in Steinkohle übergehen können und in der That zuweilen übergegangen sind, die grosse Masse der eigentlichen Steinkohle aus der grossen Steinkohlenformation nicht durch angeschwemmte Holzsubstanz, sondern an Ort und Stelle entstanden ist, wo die Pflanzen, aus denen sie besteht, gewachsen sind. In den Deltas haben wir auch, indem durch das Vorrücken des Sediments der Flüsse daselbst sich Seen und Wasserpfützen bilden, günstige Gelegenheiten für das Gedeihen einer Wasser- und Sumpfvegetation. An solchen Stellen, die durch das gelegentliche Einströmen von dem schlammigen Wasser der Flüsse bei Anschwellungen ausgefüllt werden, finden sich auch günstige Bedingungen für die Erhaltung von Pflanzen oder Pflanzentheilen oft in der Stellung, in welcher sie wuchsen und mit kohligen Stoffen und Sedimentschichten gemischt. Es kann Statt haben dass in Flüssen, wo sowohl Sand wie Schlamm vorwärts getrieben wird, durch die gelegentliche Veränderung des Flussbetts oder durch

Digitized by Google

das Fortgerissenwerden einer Bank, welche früher den Eingang in einen Theil eines Hauptstromes verstopfte, Sand über Ablagerungen dieser Art geworfen und sein Absatz durch aufeinander folgende seitliche und geneigte Zuwachsschichten bezeichnet wird, wie dieselben früher erwähnt wurden.

Bezüglich der Erhaltung thierischer Reste auf trockenem Lande oder in süssem Wasser müssen wir uns erinnern, dass Raubthiere sehr häufig die Knochen der von ihnen getödteten Wirbelthiere verschlingen und dass die Aasfresser das verzehren, was die ersteren zurücklassen, so dass nur wenige Knochen auf trockenem Lande zurückbleiben, um von atmosphärischen Einflüssen zersetzt zu werden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass in Wüsten die Knochen von umgekommenen Thieren oft unter grossen Sandwehen begraben werden, und dort vielleicht bei mangelnden zersetzenden Einflüssen verbleiben, bis geologische Veränderungen solche Wüsten abermals unter Wasser bringen und der Sand fest werden kann. Wir haben die Knochen von Kaninchen und Vögeln an einigen Sandhügeln der englischen Küste durch Ortsveränderungen bloss gelegt gesehen, wodurch Theile von alten Ablagerungen, die durch wiederholte Vegetation bezeichnet waren, von den Winden fortgeführt wurden.

Wirbelthiere werden in manchen Ländern durch Bergstürze überwältigt, so dass sie tief an Orte begraben werden, wo ihre Knochen sich unter für ihre Erhaltung günstigen Verhältnissen befinden. Bisweilen werden sie auch durch ein Einstürzen der Seeklippen an Küsten getödtet, wenn sie dort während der Ebbe wandern, wobei ihre härteren Theile vielleicht ins Meer geführt wurden, als die Brandung später die gefallene Masse entfernte. Solche härteren Theile können sich auf diese Weise mit sich bildenden sedimentären Ablagerungen mischen, wenn sie nicht vorher durch die Brandung an der Küste zerstückelt worden sind.

Wenn man untersucht, wie die Reste von Wirbelthieren ohne die Hülfe von Bächen, Pfützen oder Seen von süssem Wasser aufbewahrt werden, so muss man sich erinnern, dass in Ländern, wo Felsspalten vorkommen, viel häufiger Thiere in dieselben fallen, als man auf den ersten Anblick vermuthen sollte. In Kalksteindistricten, wo sich Höhlen finden, die bis an die Oberfläche offen sind, gehen oft Thiere verloren, ungeachtet der Vorsicht, die man gewöhnlich nimmt, so dass man erwarten kann, dass in unbebauten Ländern noch viel öfter Thiere in Spalten stürzen, wenn sie durch andere gejagt werden und plötzlich an den Rand einer Spalte kommen, über welche sie nicht setzen können. Es wird von den Verhältnissen abhängen, wie viel von ihren Resten erhalten bleibt. Selbst wenn viele von diesen Spalten für vierfüssige Aasfresser unzugänglich sind, so können doch Aasvögel hineinkommen, die das Fleisch verzehren und die Knochen zurücklassen. Aas-

Digitized by Google

fressende Insecten können ebenfalls die weicheren Theile verzehren. Die endliche Erhaltung der Knochen vor den zerstörenden Wirkungen der Atmosphäre hängt von der Ausschliessung derselben ab. Die Anhäufung von Thon in den Spalten, welcher von oben oder von der Seite während Regengüssen eingewaschen wird und vielleicht mit von den Seiten der Spalte herabgefallenen Gesteinsstücken sich mischt, wird diesen Zweck erfüllen. Noch besser werden sie indessen durch Kalkstalagmiten oder Stalaktiten eingehüllt, wo die Bildung derselben in den Spalten stattfindet. In dem letzteren Falle können wir eine knochenführende Kalkbreccie bekommen, die sich unregelmässig bis zur Oberfläche erhebt und deren Breite nach der Gestalt der Seiten der ursprünglichen Spalte wechselt.

Höhlen, die eine Zeit lang von denselben Thierarten bewohnt wurden, welche während dieser Zeit ihre Beute eintrugen, so dass Theile von ihnen selbst oder von der unverzehrten Beute sich anhäuften, bieten ebenfalls Gelegenheit für die Erhaltung der Reste von Wirbelthieren. Wenn solche Reste, selbst Zähne, lang unter den zersetzenden Einflüssen bleiben, die leicht an solchen Orten wirksam sind, ohne einen Schutz durch Thon, in Kalksteinhöhlen durch Stalagmiten oder durch zahlreiche hineingefallene Fragmente zu haben, so darf man wenige Spuren erwarten, während solche Reste oft erhalten bleiben, wo diese schützenden Einflüsse existiren.

Indessen werden hauptsächlich durch die Mitwirkung des Wassers Wirbelthierreste in der grössten Menge begraben, obgleich uns allerdings die Arbeiten von Buckland und Anderen gelehrt haben, wie viel auch in Spalten und Höhlen erhalten werden kann. Wir haben bereits des Versinkens von Thieren in Torfmooren und Morästen gedacht. In einigen Gegenden muss die gesammte Menge der auf diese Weise umgekommenen beträchtlich sein. Viele Säugethiere kommen in Seen um, indem sie in dem weichen Boden an ihrem Rande versinken, oder indem sie übersetzen wollen. In dem ersten Falle können sie wie in Torfmooren oder gewöhnlichen Morästen in einer fast aufrechten Stellung erhalten werden, wobei ihre Knochen in einer Stellung wie bei dem lebenden Thiere vorkommen; in dem letzteren Falle werden ihre Knochen oft zerstreut. War die Verwesung vorgerückt, so dass der Leichnam nicht untersank, so konnte er entweder an eine seichte oder tiefe Stelle des Sees getrieben werden, vorausgesetzt, dass solche da waren. Im letzteren Falle, wenn die Zersetzung noch weiter vorgeschritten und wenn auch die aasfressenden Thiere keinen geringen Theil davon verzehrt hatten, konnte der Körper in tiefes Wasser sinken, während die Knochen im Ganzen immer noch in ihrer relativen Lage waren, so dass sie unter chemischen oder sedimentären Ablagerungen begraben werden konnten. Wurde der Körper an eine

Digitized by Google

seichte Stelle des Sees getrieben und strandete daselbst, so konnte er mit Leichtigkeit durch aasfressende Landsäugethiere verzehrt werden, die sich zu diesem Zwecke nicht in die tieferen Theile des Sees wagten. In manchen Fällen, wie die wissen, welche Thierkörper unter solchen Umständen beobachtet haben, wurden die Knochen zuletzt sehr zerstreut, ein Theil wurde auf das feste Land gezerrt und zersetzte sich dort, wenn er nicht verzehrt wurde, während ein anderer Theil unter günstigen Umständen wieder in den See kommen und dort durch die stattfindenden Ablagerungen eingehüllt werden konnte.

Ob Landthiere nach dem Ertrinken in Seen herumtreiben oder nicht, muss oft von der Verzehrung ihres Fleisches abhängen, während sie untergetaucht waren. Die verschiedenen Welttheile bieten uns verschiedene Geschöpfe dar, die solche Gewässer bewohnen. In vielen warmen Klimaten werden die Leichname von Reptilien ergriffen, die ihre weicheren Theile leicht zerstören. Dies ist namentlich in einigen Ländern mit den Krokodilen der Fall, selbst nachdem schon einige Zersetzung stattgefunden hat. Durch ihre Hülfe können die Leichen so zergliedert werden, dass die Knochen sich zuletzt weithin zerstreuen und Theile desselben Thieres sich von einander entfernt in Süsswasserbildungen ablagern. Die Krokodile können auch selbst viel zu den Resten begrabener Landwirbelthiere beitragen, indem sie dieselben an den Ufern ergreifen und sie ins Wasser zerren. Der Kaiman der grossen westindischen Inseln ergreift, oft halb in dem Schlamm verborgen und bloss mit der Spitze der Schnauze an der Oberfläche des Wassers, Hunde und Ziegen, die sich unvorsichtig dem Orte nähern. Namentlich Hunden ist der Kaiman sehr gefährlich und diese werden deshalb auch von den Negern als das beste Lockmittel benutzt.

Was die Reste von Wasserreptilien und Fischen in Seen angeht, so ist die Gefrässigkeit bei vielen dieser Geschöpfe so gross und die gegenseitige Verfolgung so unaufhörlich, dass nur unter sehr günstigen Umständen ganze Skelette erhalten werden. Grosse Flussdeltas bieten besonders in tropischen Ländern Gelegenheit zum Studium der Art und Weise dar, wie die Reste von Wasserreptilien in Sediment eingehüllt werden. Wir haben beobachtet, wie der Kaiman in Jamaika, wenn er verfolgt wurde, sich so in den Lagunenschlamm vergrub, dass es mitunter schwierig für ihn sein musste, sich wieder herauszuarbeiten.

Anschwellungen von grossen Flüssen, die sich durch weite Ebenen winden, wo das plötzliche Steigen des Wassers in kurzer Zeit einen weiten Flächenraum bedeckt und die seichteren Theile verbirgt, sind das Mittel, wodurch viele Säugethiere von ihren Weideplätzen weggerissen werden und ertrinken, wobei ihre Leichname in das zu derselben Zeit herabgeführte Sediment begraben werden. Zugleich können noch von ausgesetzten Stellen zerstreute, nicht verzehrte oder zersetzte Säugethierknochen mit dem Schlamm, Schlich oder Sand ver-

Digitized by Google

mischt herabkommen und endlich abgelagert werden. Solche Ueberschwemmungen müssen in manchen Klimaten oft Landsäugethiere in die Deltaablagerungen von Seen oder Meeren bringen und ihre Reste mit denen von vielen Reptilien vermischen.

Obgleich die Vögel, in Folge ihres Flugvermögens und der Möglichkeit leichteren Entrinnens nicht leicht, durch Ueberschwemmungen überrascht, umkommen und ihre harten Theile begraben werden, so findet man doch bisweilen, wenn auch selten, einen todten Landvogel unter Verhältnissen in einem Strome, unter denen nicht angenommen werden kann, dass er geschossen oder auf andere Weise von Menschen getödtet wurde, und durch einen solchen allerdings seltenen Umstand könnten uns die Reste von Vögeln aufbewahrt werden. Wir können besonders in Districten, wo ausgedehnte Niederungen plötzlich überschwemmt werden, namentlich zu Zeiten, wo viele Vögel dort brüten und Junge haben, und nicht weit oder gar nicht fliegen können, solche Ueberraschungen erwarten. Landvögel können bisweilen in Seen fallen und umkommen. Wir haben Fälle gesehen, wo Landvögel, von Raubvögeln gejagt, in Seen fielen. Auch die Waldvögel an den Rändern von Seen, so wie die Vögel, die beständig auf dem Wasser leben, und sich von Fischen in den seichten Theilen erhalten, wie die Schwanen, oder sich durch Tauchen ernähren, wie die Enten, können zuweilen von Unfällen betroffen werden. Die Erhaltung ihrer einmal auf den Boden gefallenen Knochen in Süsswasserablagerungen ist dieselbe, wie bei den übrigen Thieren.

Unter allen Umständen gehören Ueberschwemmungen ausgedehnter Niederungen, die die Leichname von Vögeln, welche eines natürlichen Todes gestorben sind, auf die Oberfläche des Wassers heben, wenn es der Grad ihrer Verwesung erlaubt, oder die noch nicht von Aasfressern verzehrten Knochen von anderen mit sich fortreissen, zu den häufigsten Ursachen der Fortführung von Vogelknochen durch Wasser, und ihrer Einlagerung in entstehenden Niederschlägen. Auch müssen wir bei der Betrachtung der Art, in welcher Vogelknochen innerhalb der Grenzen des Landes begraben werden, nicht vergessen, dass sie, in Travertin gehüllt und in gewissen Richtungen und Stellen begraben werden können, die mit der Bildung solcher Kalkablagerungen in Bächen oder Wasserpfützen übereinkommen, wie dies in einigen Gegenden Italiens der Fall ist. In den grossen Wüsten der Erde können umgekommene Vögel, wie Strausse, oft durch Triebsand so bedeckt werden und so lange darunter bleiben, dass sie nicht mehr gefressen werden, wenn sie durch eine Entblössung wieder an die Oberfläche kommen. Einige können auch immer bedeckt bleiben, bis durch eine Veränderung der geologischen Verhältnisse diese Wüsten abermals unter Wasser kommen und ihr Sand zu festem Gesteine werden kann.

Während Ueberschwemmungen können auch zahllose Insecten

fortgeführt werden, und selbst solche, die fliegen können, werden oft vor ihrem Entrinnen vom Wasser mit fortgerissen. Viele von diesen Insecten werden ohne Zweifel von Fischen verzehrt, aber die Reste von anderen können auch leicht so mit dem Sediment des Flusses gemischt werden, dass sie dauernd in Schlamm, Schlich oder Sand eingehüllt bleiben. Myriaden von Insecten werden bisweilen auf die Oberfläche von Seen oder Wasserpfützen geworfen und von Fischen verzehrt, und wenn wir ihre Reste in Kalkmasse eingelagert finden, so müssen wir Umstände voraussetzen, die für insectenfressende Fische und im Wasser lebende Reptilien nicht günstig waren. Es kann sein, dass in manchen Pfützen oder Seen, die eine grosse Menge kohlensauren Kalk durch die nöthige Kohlensäure in Lösung enthalten, die Menge der letzteren so gross ist, dass insectenfressende Fische vertrieben werden und dass sie die Fortpflanzung insectenfressender aquatischer Reptilien verhindert, indem dieselbe ihren Jungen eben so nachtheilig wird, wie den Fischen.

Die reichliche Beimischung der Reste von Landmollusken zu dem Boden an manchen Orten zeigt, wie leicht die Schaalen dieser Thiere erhalten werden können, wenn es die Umstände erlauben. Obgleich leicht in Bezug auf das absolute Gewicht jeder Schaale, ist das specifische Gewicht von Landschnecken doch beträchtlich und nähert sich mehr dem von Arragonit, wie von gemeinem Kalkspath. Im Boden befinden sich die Schaalen in einer ungünstigen Lage, um der Zersetzung über eine gewisse Zeit hinaus zu widerstehen, indem das Wasser, welches Kohlensäure enthält, leicht durchsickert, so dass sie an solchen Plätzen gewöhnlich spröde und nicht selten zerbrochen sind. Im Flugsand finden sich oft viele Landschnecken, da einige Arten gern an solchen Orten wohnen.

In vulkanischen oder ihnen benachbarten Ländern, über welche vulkanische Aschen fallen, können Landschnecken, überhaupt verschiedene Landthiere vollständig bedeckt und dadurch getödtet, ihre harten Theile aber auch erhalten werden. Der Fall von grossen Mengen von Asche und Rapillen bei vulkanischen Ausbrüchen begräbt plötzlich Landthiere in einer grösseren Menge und mit grösserer Wahrscheinlichkeit, ihre sämmtlichen festen Theile ganz zu erhalten, als dies ohne die Mitwirkung von Wasser der Fall ist, selbst mit Einschluss des Flugsandes der Wüsten. Vulkanische Districte sind in gemässigten und tropischen Klimaten oft fruchtbar und nähren eine grosse Menge von Thieren und Pflanzen, so dass in Gegenden, wie sie z. B. Sumbawa und Java darbieten, Landthiere und darunter eine grosse Anzahl von Mollusken, leicht unter Aschen und Rapillenausbrüchen begraben werden können, wie sie der heftige Ausbruch des Vulkans Tomboro auf Sumbawa im April 1815 lieferte, wo die Mächtigkeit der gefallenen Asche an manchen Orten drei Fuss betrug.

Digitized by Google

Der grosse Ausbruch des Vesuv im Jahre 79 liefert ein treffliches Beispiel von der Art und Weise, in welcher die Oberfläche eines Landes durch den Ausbruch von vulkanischen Aschen und Rapillen bedeckt werden kann, so dass uns Werke menschlicher Industrie und Kunst aufbewahrt bleiben. Pompeji bietet uns noch Gemälde an den Wänden der Häuser und eine grosse Menge der zartesten Gegenstände. In Herculanum finden sich die noch zum Theil lesbaren Schriften jener Zeit auf Papyrus. Man sieht eine Menge von Menschenwerken unter Aschen und Rapillen, und nach 1800 Jahren oft in einem Zustande, wie man dies bei Schichten, die für das Wasser durchdringbar sind, nicht erwartet. Die Stadt hat selbst durch die Erdstösse und vulkanischen Erdbeben so wenig gelitten, dass das Eindrücken der Häuser durch das Gewicht der Aschen und Rapillen und die Ausfüllung aller Ecken durch den feineren Staub zu den Hauptwirkungen gehörten. Bei einem Gange durch die Gräberstrasse in Pompeji vermisst man nur die Gegenwart von Menschen in der Tracht jener Zeit, um sich das Bild einer Strasse vor 1800 Jahren zu geben. Zwei merkwürdige Beispiele sind in Pompeji vorgekommen, dass unter solchen Verhältnissen nicht nur die Knochen, sondern selbst die Form des Fleisches erhalten werden kann, indem die einhüllende Asche Menschen begrub und hinreichend fest wurde, ehe die Verwesung begann. Die Dicke der Asche und Rapillen, welche Stabiä, Pompeji und Herculanum im Jahre 79 bedeckte, wechselt zwischen 60 — 120 Fuss.

Es giebt wenige Dinge, die so zerstörend auf das thierische und pflanzliche Leben auf dem Lande wirken, als diese grossen vulkanischen Eruptionen, namentlich wenn die Rapillen und Aschen sich mehrere Fuss mächtig in wenigen Tagen über einen beträchtlichen Flächenraum anhäufen. Die ganze früher mit Vegetation bekleidete Oberfläche mit einer Menge von Landmollusken, Insecten, Vögeln und Säugethieren kann mit einer dicken Rinde dieser vulkanischen Producte bedeckt werden, viele Mollusken und Insecten dicht bei den Pflanzen, von welchen sie sich nährten. In Ländern, wo Moorgründe sind, können grosse Strecken dieser vegetabilischen Ablagerungen mit Vögeln, Insecten oder Mollusken, die in ihrer Nähe leben, von einer dicken Schicht von Aschen und Rapillen bedeckt werden, deren Festwerden durch spätere geologische Ursachen oft täuschende Aehnlichkeit mit einem geschmolzenen Gestein darbietet, das darüber hingeflossen, aber ohne die Wirkungen, die man in einem solchen Falle erwarten müsste. Wenn man die fossile Flora einer Gegend untersucht, so muss man die Verhältnisse berücksichtigen, unter denen Bäume und Moorgründe von vulkanischen Aschen bedeckt werden können.

In Meeren ohne Ebbe und Fluth werden Landthiere und Pflanzen, die von den Flüssen fortgeführt werden, über das specifisch schwerere Seewasser auf verschiedene Entfernungen geführt, und können durch

Digitized by Google

Strömungen oder Winde noch weiter gebracht und durch die letzteren in verschiedene Richtungen zerstreut werden. Der Leichnam eines ertrunkenen Thieres, dessen Verwesung hinreichend vorgerückt ist, um es an der Oberfläche zu erhalten, was wegen der grösseren specifischen Schwere leichter im Meerwasser als in süssem Wasser geschieht, kann auf diese Weise leicht in eine beträchtliche Entfernung getragen werden, ehe er verzehrt oder zu sehr zersetzt ist und zu Boden sinkt. Kleine Thiere können mit Fleisch und Knochen von den grösseren gefrässigen Fischen verzehrt werden, während die Knochen der grösseren Säugethiere selbst in fluthlosen Meeren, wie Theile des Mittelländischen, zu Boden sinken und sich dort mit den Resten von Mollusken und anderen Geschöpfen mischen, die in derselben Tiefe wohnen.

Der Beobachter muss auch ins Auge fassen, wie Pflanzen und Baumstämme weithin geführt werden können, bisweilen noch mit lebenden Geschöpfen auf ihnen, von denen wenigstens die Theile, die der Gefrässigkeit von Meeresthieren entgehen, über verschiedene Tiefen des Oceans zerstreut werden, wobei Bohrwürmer oder andere Seethiere den Stamm entweder anbohren oder ihn bedecken. Todte Landmollusken können auf diese Weise ins Meer geführt werden. Es wird von dem Zustande der Meeresoberfläche abhängen, wie weit sie getragen werden. Wenn das Meer hinreichend ruhig ist, trotzdem dass der Zustand des Wetters auf dem Lande Ueberschwemmungen verursacht, wodurch todte Muscheln in Menge von den Niederungen fortgeführt werden, so werden die Landmuscheln mit dem Flusswasser fortgeführt, aber wenn eine Brandung da ist, werden sie bald umgestürzt und sinken.

An solchen Orten müssen wir auch die Vermischung von sedimentären mit organischen Stoffen in Betracht ziehen, die dadurch stattfinden kann, dass Sand und Gerölle auf dem Boden der Flüsse vorwärts bewegt werden. Viele ertrunkene Thiere können sich auf diese Weise mit dem vorrückenden Delta mengen, und viele Fluss- und Landmollusken können in das allgemeine unter Wasser sich bildende Drift eingeschlossen werden. Bäume werden oft an der Küste begraben oder ins Meer geführt.

In dieser Weise werden in Meeren ohne Ebbe und Fluth pflanzliche und thierische Reste des Landes und der Flüsse auf verschiedene Entfernungen seewärts geführt, von denen einige unter günstigen Umständen in Meeresablagerungen in verschiedener Tiefe, andere in den durch die Flüsse gebildeten Niederschlägen von Schlich, Sand und Kies eingeschlossen werden, wobei man die zuweilen sich bildenden Kalkablagerungen nicht vergessen muss.

In Aestuarien verhält sich die Sache etwas verschieden. In diesen bietet jede Fluth für Alles, was der Fluss oder seine Nebenströme aus den überschwemmten Niederungen mit sich führt, eine Gegenwirkung dar und hält es in seinem Fortschritt auf. Die schwimmenden Thierleichen, Bäume und kleinere Pflanzen können dann nicht direct

Digitized by Google

ins Meer kommen, sondern werden durch die Höhe der Fluth über die angrenzenden Niederungen gehoben, welche in dieser Zeit gewöhnlich mit Wasser bedeckt sind. Wenn das Wasser während der Ebbe sinkt, so bleiben die herabgeflössten Körper häufig auf den Niederungen zurück, besonders wenn ein zu gleicher Zeit herrschender Wind dieselben über den Rand des überschwemmten Landes treibt. Nach solchen Ueberschwemmungen findet sich oft auf diesen Niederungen eine merkwürdige Mischung von vegetabilischen und thierischen Resten des Landes, der Flüsse, der Flussmündung und des Meeres, besonders wenn, wie dies häufig in den westlichen Theilen von England der Fall ist, ein heftiger Orkan mit Regen zur Zeit der Springfluth stattfindet, so dass die hohen Fluthen mit dem Seewinde das Meerwasser noch höher heben und ihnen das süsse Wasser vom Lande begegnet. Unter gewöhnlichen Verhältnissen bildet sich ein Rand von Algen mit Landpflanzen, Crustaceen und Mollusken der Meeresbuchten mit Landmuscheln, hier und da mit den Resten eines wirklichen Meerthieres, wie es bei Buchten, in die sich Flüsse ergiessen, allgemein bekannt ist.

Obgleich es in den Deltas von Flüssen, die ihr Wasser in Meere ohne Ebbe und Fluth ergiessen, und zwischen den gebildeten Lagunen und den benachbarten Küsten verschiedene Mischungen von süssem und salzigem Wasser giebt, in denen Pflanzen und Thiere leben können, die das brackische Wasser lieben, so sind die Verhältnisse doch von denen in eigentlichen Aestuarien verschieden. In dem einen Falle ist das Wasser stationär, ausgenommen in soweit Anschwellungen aus dem Inneren eine aussergewöhnliche Menge von süssem Wasser herbeiführen oder ein vorhergehender Seewind eine grössere Menge von Seewasser hereintreibt; in dem anderen Falle sind dagegen grosse Strecken bisweilen zu einer Zeit von Wasser entblösst und zu einer anderen bedeckt, wobei auch die Menge von Salzbeimischung verschieden ist und von dem Zustande der Fluth und dem Volumen von süssem Wasser abhängt, welches sich zu einer Zeit in die Bucht ergiesst. Und hier muss bemerkt werden, dass man die grossen Einkerbungen der Küste, die man gewöhnlich Meeresarme heisst, nicht als Aestuarien zu betrachten hat, da die ersteren nur die Folge davon sind, dass das Meeresniveau eine früher gebildete Unregelmässigkeit in der Oberfläche des Landes, und zwar häufig die Verlängerung eines Thales abschneidet. Allerdings kann die eine Art der Küste bisweilen in die andere übergehen, aber bezüglich der Arten von Thieren, die Aestuarien bewohnen, müssen wir die Gegenwart von Brackwasser als wesentlich für die letzteren betrachten, jedenfalls bis zu einer solchen Ausdehnung, dass bei der Ebbe ein Fluss, dessen Wasser süss oder brackisch werden, den zurückgebliebenen Kanal einnimmt.

Füllt sich eine Flussmündung in einer solchen Weise aus, wie dieses früher erwähnt wurde, so sterben nothwendiger Weise die Mollus-

Digitized by Google

ken und andere Geschöpfe, welche auf der Oberfläche oder nicht weit unter derselben wohnen, indem solche härtere Theile von ihnen in einem solchen Oberflächen entsprechenden Niveau erhalten wurden, und sich nach Umständen mit eingeschwemmten vegetabilischen und thierischen Resten mischten. Der Beobachter wird wohl daran thun, seine Aufmerksamkeit darauf zu richten, wie die verschiedenen Theile der Oberfläche einer Flussmündung sich zugleich in Bezug auf die darauf lebenden Thiere verschiedentlich verhalten, indem einige Geschöpfe bloss die kleinen Kanäle bewohnen, welche nur bei Springfluthen gestaut werden, und im Uebrigen sich zwischen den höheren Schlamm- oder Thonflächen durchwinden, und andere in oder auf dem Sande an mehr ausgesetzten und von jeder Fluth bedeckten Orten wohnen.

Auch verdient die Art und Weise Aufmerksamkeit, wie Landthiere an den weicheren Stellen sich fangen können, besonders wo Quellen unter Schlich oder Sand bewegliche Dämme bilden, die dieselben begraben, wobei ihre Knochen bleiben, nachdem das Fleisch von Aasthieren verzehrt wurde, die über das weiche Terrain leicht ihren Weg finden. Dabei darf man die Fussspuren von Landthieren, oder überhaupt von Thieren nicht vergessen, die in der letzten Zeit mit Recht von bedeutender geologischer Wichtigkeit geworden sind. Diese Fussspuren sind auf den Schlamm- oder den Thonflächen oder dem leicht geneigten Boden von Flussmündungen oft vortrefflich erhalten. Sehr viele Aestuarien an den englischen Küsten bieten Gelegenheit zum Studium der vermischten Fussspuren von Vögeln und Säugethieren auf dem Schlamme oder Thone dar, besonders während der Sommerhitze und zur Zeit der niedrigsten Ebbe, wo ausgedehnte, während der Springfluthen bedeckte Flächen entblösst und dem austrocknenden Einfluss der Sonne ausgesetzt sind. Wir haben oft die Fussspuren der gemeinen Möven trefflich in einem von der Sonne getrockneten Schlamme oder Thone erhalten gesehen, wo diese Vögel mit dem Verzehren von Mollusken, Crustaceen oder ans Ufer getriebenen Fischen beschäftigt waren, eben so schön die Laufspuren von Vögeln, bisweilen einzeln, in Paaren oder noch zahlreicher, wenn sie nach Futter umherliefen, oder noch mehr vermischte Fussspuren, wo Nahrung gefunden wurde. Eben so findet man Spuren von anderen Vögeln, hier und da mit denen von Kaninchen, Hasen, des grossen und kleinen Wiesel und bisweilen auch von Hunden gekreuzt. An manchen Orten kann man, wenn Schlamm- oder Thonflächen in der Zwischenzeit zwischen den Springfluthen und Ebben durch die Sommerhitze gehörig getrocknet waren und sich dadurch Spalten gebildet hatten, Stücke mit Sorgfalt abnehmen und aufbewahren und selbst zu Ziegeln brennen, wenn die Zusammensetzung des Thons sich dazu eignet. Vermischt mit diesen Spuren findet man oft die Fährten von Mollusken und Krebsen, die auf dem Trocknen gelassen wurden und das Wasser wieder gewinnen wollten.

Digitized by Google

Man sollte glauben, dass das Steigen der Fluth über diese etwas verhärtete mit Fussspuren und Fährten bezeichnete Oberfläche jede Spur derselben verwischen würde. In wiefern dieses aber Statt hat, wird von den Umständen abhängen. Wenn das Steigen des Wassers von der niedrigsten Ebbe zur Springfluth von Wellenbewegung begleitet ist, so darf man kaum erwarten, dass das den Schlamm oder den Thon bildende feine Sediment beim Nasswerden nicht wieder aufgenommen wird, so dass alle Fussspuren und Fährten verschwinden. Alle Theile von solchen Meerbusen sind indessen selten solchen Einflüssen zu gleicher Zeit ausgesetzt, mancher Winkel bleibt ruhig und da, wo die Anhäufung von Sediment stattfindet, folgt eine feine Schlammschichte auf die andere, und wenn eine hart wird, ehe eine andere abgelagert ist, kann eine mehr oder weniger dauernde Absonderungsfläche zwischen beiden bleiben. Dass dieses unter günstigen Umständen stattfinden kann, wird dadurch bewiesen, dass man bisweilen im Stande ist, die Schichten nach sorgfältigem Trocknen von einander zu trennen, so dass man auf vielen über einander liegenden Flächen Fussspuren sieht. Wir sind so glücklich gewesen, an der Mündung des Severn einige Spuren dieser Art in getrocknetem Schlamm zu finden, und Lyell hat gezeigt, wie die Fussspuren des kleinen Strandläufers (*Tringa minuta*) nicht nur in dem rothen Schlamm der Fundy-Bay erhalten werden, welcher Ort überhaupt wegen seiner hohen Fluthen und weiten Entblössungen während der Ebbe günstig ist, sondern sich auch auf verschiedenen Ablagerungsschichten wiederholen können.

In einigen Aestuarien strecken sich lange Landzungen und Sandhügel zum Theil so über ihre Mündung, dass oft beträchtlich grosse Buchten von ruhigem oder verhältnissmässig ruhigem Wasser hinter ihnen entstehen und der Hauptfluthstrom anderswo fliesst. Nehmen wir beispielsweise an, dass Fig. 50 eine Bucht dieser Art darstellt, und dass statt eines Geschiebeufers *d* ein Zug von Sandhügeln da ist, die sich vielleicht stundenweit erstrecken, so würde *e* eine solche in Bezug auf die Fluth verhältnissmässig ruhige Bucht sein, indem dieselbe hauptsächlich an der entgegengesetzten Küste fliesst. Es würde natürlich von den Verhältnissen abhängen, welcher Art die Ablagerungen bei *e* sind, aber unter der Voraussetzung, dass die Richtung der Fluth eine solche ist, dass ihr Strom keine Krümmung um diese Bucht macht, würde sie für die Ablagerung des von dem Flusse bei Anschwellungen hervorgebrachten feineren Niederschlags oder Schlamms günstig sein. Zu gleicher Zeit ist sie dem Triebsand von den Sandhügeln *d* ausgesetzt. An solchen Orten haben wir die Fussspuren von Säugethieren und Vögeln gesehen, die in der Sonne erhärtet und mit Triebsand von den Sandhügeln überstreut waren, und man muss beachten, dass dieselben Winde, welche Kraft genug hatten, die Sandhügel aufzurühren und den Triebsand zu veranlassen, durch den Schutz hinter denselben Hügeln

Digitized by Google

verhindert wurden, das Wasser der Bucht nahe am Ufer zu beunruhigen, indem dasselbe unter dem Schutz der Sandhügel liegt, so dass der Sand selbst an dem Ufer und in dem seichten Wasser über den Schlamm oder Thon geführt werden kann, und die Höhlungen der Fussspuren ausfüllt. Es wird von den Umständen abhängen, in wiefern abwechselnde Schichten dieser Art ungestört bleiben.

Sollte die allgemeine Oberfläche des Landes sich allmälig in ihrem Verhältniss zum Meeresspiegel senken, so ist es klar, dass grosse Meeresbuchten sehr günstige Bedingungen für die Erhaltung der Fussspuren von Thieren darbieten können, deren wirkliche Reste innerhalb der Sedimentablagerungen sehr selten sein mögen. Viele Wasservögel, die nur zuweilen solche Buchten besuchen, entweder wenn sie durch stürmisches Wetter in ihrem gewöhnlichen Aufenthalt auf dem hohen Meere genöthigt werden, ihre Nahrung an solchen Orten zu suchen, können auf diese Weise ihre Fussspuren hinterlassen, obgleich die Erhaltung ihrer Knochen in den Sedimentablagerungen der Bucht sehr selten ist, ja sich kaum erwarten lässt, wenn nicht zufällig ein Individuum in der Bucht umkam. Bei den Vögeln, welche wirklich an solchen Orten leben und nisten, kann der Fall ein anderer sein. Bei einer allmäligen Veränderung in dem Meeresspiegel, wobei das Land sich senkt, kann viel Sand über Thon mit Fussspuren und Fährten geworfen werden. Eine Erniedrigung einer Masse von Sandhügeln, die zum Theil die Mündung einer Bucht versperren, wird plötzlich eine grosse Menge des Sandes unter den Einfluss der Fluth bringen, so dass dieselbe über früher hinter ihnen gebildete Schlammflächen getrieben wird. An manchen Orten wird die, entweder zu kleinen und zu Tage liegenden Bänken angehäufte oder mehr an den Seiten der Buchtmündung zusammengeführte Sandmasse, die oft abermals in die Fluthströmungen geworfen werden kann, wenn auch endlich unter fortdauernden günstigen Umständen andere Sandhügel entstehen, nie sehr beträchtlich sein.

Dass die Ueberreste von Cetaceen in dem Sediment von solchen Buchten, sowie auch die von vielen Fischen gefunden werden, von denen einige mehr als Fische der Hochsee als von Buchten bekannt sind, wird diejenigen nicht in Erstaunen setzen, welche wissen, wie die Delphine an den englischen Küsten Fische vor sich hertreibend in die Buchten, und bisweilen in seichtes Wasser kommen, wenn die Ebbe schnell eintritt. Auch andere Cetaceen stranden bisweilen. Häufiger findet man, dass die verfolgten Fische, besonders die Brut ans Ufer getrieben werden. Die Vögel fressen allerdings viele von diesen, so dass nur die harten Reste von einem kleinen Theil derselben begraben werden, und ebenso entrinnen auch oft die Cetaceen bei dem Steigen der Fluth, aber es giebt immer noch manche Zufälle für die Erhaltung der härteren

Digitized by Google

Theile dieser Thiere in den Ablagerungen der Aestuarien, die man nicht vergessen darf.

Wenn wir indessen die Versteinerungen führenden Gesteine von verschiedenem geologischen Alter ins Auge fassen, so müssen wir hauptsächlich in dem Meere die Erhaltung der grossen Masse thierischer Reste in den sedimentären und chemischen Ablagerungen der Zeit suchen. Wir haben gesehen, dass vermittelst der Flüsse und Winde verschiedene Pflanzen und Thiere oder Theile von ihnen ins Meer geführt werden, und dass wir in Aestuarien die Bedingungen für eine Mischung der Reste von Land- und Seethieren und andere für solche Orte besonders geeigneten besitzen. Einige Aestuarien verändern sich so allmälig in Meeresarme wie man in grossem Maassstabe an dem Golf und dem Flusse St. Lorenz und ebenso gut an verschiedenen anderen Orten von geringerem Flächenraum in verschiedenen Theilen der Welt sieht, wie z. B. in dem Bristol-Kanal und an der Mündung des Severn, dass keine bestimmten Unterscheidungen zwischen den einen und den anderen gezogen werden können.

Wenn man deshalb die Küsten der Welt im Allgemeinen betrachtet, so muss man nicht nur alle Modificationen für die Existenz des thierischen Lebens im Meere beachten, wie sie sich von den mehr oder weniger offenen oder geschützten Stellen von Vorgebirgen, Buchten und anderen Küstenformen gestalten, sondern auch die Vermischung des süssen Wassers mit dem Meere unter all den verschiedenen Umständen, unter welchen der Wasserabfluss vom Lande ins Meer geht. Betrachten wir die verschiedenen Verhältnisse der Existenz und des Begrabens von Meeresthieren vom Cap Horn bis in die Baffins-Bay. Zuerst haben wir hier den Unterschied im Klima, welcher besonders in mässigen Tiefen bedeutende Modificationen hervorbringt. Vom Cap Horn bis nach Westindien haben wir mit Ausnahme der Strasse von Magelhaens eine ungebrochene oceanische Küste, die der Wirkung der Gezeiten ausgesetzt ist, und an welcher Massen von süssem Wasser an verschiedenen Stellen ins Meer fliessen, von denen die hauptsächlichsten der Plata-Strom, der San Francisco, der Tocantins, der Amazonenstrom und der Orinoco sind, welche den Theil des Regens und geschmolzenen Schnees fortführen, der nicht von dem thierischen und pflanzlichen Leben in Anspruch genommen oder für die Ausgleichung der Quellen oder anderer innerer Verhältnisse eines grossen Theils von Südamerika erforderlich ist. Nach einer wenig von Flüssen unterbrochenen Küstenlinie finden wir ausgedehnte Flussbuchtenverhältnisse an der Mündung des Plata und nicht weit davon entfernt den ungefähr 25 Meilen langen Mirimsee, eine Wassermasse, die offenbar durch Küstenthätigkeit von dem Meere abgetrennt wurde und in einen anderen See oder Lagune, *Lago de los Patos*, sich ergiesst, der einen noch mit dem Ocean in Verbindung stehenden Kanal hat und ungefähr 36 Meilen lang und zwölf

Digitized by Google

Meilen breit ist. In diesen beiden Wassermassen, welche den Abfluss von dem benacharten Lande aufnehmen, giebt es nothwendig verschiedene Verhältnisse für das oceanische Leben und für die Einhüllung der Reste im offenen Meere. Darauf folgt eine Küste, an welcher sich verhältnissmässig kleine Flüsse entleeren, bis endlich der San Francisco sich darbietet und so weiter, bis die Mündungen des Para und des Amazonenstroms sich vereinigen, indem sie die Insel Marajo zwischen sich schliessen und Verhältnisse darbieten, wie sie grossen Aestuarien zukommen, indem man in dem letzten Flusse die Wirkung der Fluth 150 deutsche Meilen spürt, so dass es mehrere Fluthen in dem Flusse zu gleicher Zeit giebt.

Die Mündungen des Orinoco bieten uns deltaförmige Ablagerungen, dann kommt das Caraibische Meer, auf welches die aufgestauten Gewässer des Golfs von Mexico einwirken, so dass ein Meer fast ohne Ebbe und Fluth in ein anderes sich verläuft, wo dieselben sich fühlbarer machen. Weiter nach Norden kommt der Golfstrom, der wärmeres Wasser in kältere Gegenden bringt und von einem Ufer begrenzt ist, welches über 50 Meilen weit an der Küste von Florida durch eine Reihe von Lagunen bezeichnet ist. Eine von diesen, der indische Fluss, ist ungefähr 28 Meilen lang und sechs Meilen breit, ein anderer heisst die Mosquito-Lagune und ist von einer Länge von ungefähr 15 Meilen, mit einer ähnlichen Breite wie der vorhergehende. Von da zieht sich ein stark eingeschnittenes Ufer fort, bis nach Cap Fear in Carolina, wo gleichfalls Verhältnisse herrschen, wie bei Lagunen, indem eine Art von Riff, welches von Meereseinlässen unterbrochen ist, das Ein- und Austreten des Seewassers erlaubt. In dem Core, Pamlico, Albemarle und Currituckssund haben wir eine grosse Wassermasse von einer unregelmässigen Gestalt, die, längs der sie vom Ocean trennenden Barre gemessen, ungefähr 40 Meilen lang ist. Flüsse fliessen in verschiedenen Richtungen in diese Wassermasse, so dass an mehreren Orten die Bedingungen von Aestuarien gegeben sind, während die grossen Sandbänke, von denen eine Cap Hatteras bildet, derselben Bedingungen verleihen, wie sie in dem offenen Meere herrschen. Weiter nach Norden haben wir den grossen Einschnitt von Chesapeak-Bay mit ihren kleineren Einbiegungen ins Land, von welchen die hauptsächlichste der Potomac ist; dann kommt Delaware-Bay mit ihrem ins Land gehenden Flusse, der Lagunenküste und ihren Meeresarmen, die sich vom Cap Charles, nördlich von Chesapeak-Bay gegen den Delaware und von der Nähe des Caps Mary an der Delaware-Bay ungefähr 21 Meilen nach Norden hin erstrecken. Dann folgt die Mündung des Hudson und die Modificationen, die unter dem Schutze von Long-Island den Sund hinauf entstehen, wobei der Lagunencharakter an einem Theile der oceanischen Küste noch offenbar ist. Nach verschiedentlich eingeschnittenen Küsten erreichen wir die Fundy-Bay

mit allen Modificationen, die von dem grossen Steigen der Fluth an ihrem nördlichen Ende abhängen. Hierauf folgen das grosse Aestuarium des St. Lorenz und endlich die bedeutenden Einschnitte von Baffins-Bay und Baffinsstrasse, so wie Hudsons-Bay und Hudsonsstrasse und alle anderen Meeresstrassen der kalten Theile von Nordamerika, die mit dem atlantischen Ocean in Verbindung stehen.

Ein Blick auf diese lange Küstenlinie von so verschiedentlichem Charakter und verschiedenartigem Klima zeigt uns sogleich, wie verschieden auch die Bedingungen für die Existenz lebender Wesen und die Aufbewahrung ihrer härteren Theile sein müssen. Eine gleichzeitige Decke von sedimentären oder chemischen Niederschlägen muss die Reste von sehr verschiedenen Geschöpfen einschliessen, die entweder auf oder in den Ablagerungen der Oberfläche leben, und ebenso die vegetabilischen und thierischen Reste, die vom Lande herabgebracht werden. Die an den Küsten der kalten Zone lebenden Mollusken werden sich wesentlich von denen der Wendekreise unterscheiden, die Pflanzen, Landthiere und Amphibien der letzteren werden von denjenigen in der ersteren verschieden sein. Kaum wird man erwarten, dass die in den Ablagerungen des Golfs von Mexico begrabenen Reste, obgleich sie zu gleicher Zeit wie die in Baffins-Bay eingehüllt wurden, denselben Charakter besitzen.

Wendet man seinen Blick auf die Westküste von Amerika, so bietet sich als erster wesentlicher Unterschied die Abwesenheit von grossen Flüssen an dem ganzen südlichen Theil des Continents hinauf und in der ihn mit dem weit ausgedehnten nördlichen Theile verbindenden Landenge dar. Zahllose geschützte Orte finden sich an den Inseln und Scheeren, die sich vom Cap Horn bis nach der Insel Chiloe erstrecken, dann sind die Küsten auf ungefähr 1500 Meilen Länge bis zu dem Golf von Californien wenig durch Einschnitte unterbrochen, ausgenommen in Guayaquil und Panama, und bilden nicht ein einziges Aestuarium von Wichtigkeit, wie an der Ostseite des Continents. Die Mischung von süssem Wasser mit dem Ocean auf beiden Seiten ist sehr verschieden und eben so die Bedingungen für das organische Leben in Aestuarien und die Fortführung von organischen Resten des Landes und der Flüsse und ihre Einhüllung in den Sedimentärablagerungen der Küste. Selbst nachdem wir den Golf von Californien passirt haben und der Colorado sein Wasser in denselben ergiesst, giebt es auf fünfhundert Meilen von Cap San Lucas bis nach Vancouvers Insel nur wenig Einschnitte der Küste, und der Wasserabfluss ist gering mit Ausnahme des Columbia oder Oregonflusses. Weiter nach Norden hinauf sind auf ungefähr zweihundert Meilen Inseln und Meereseinlässe gemein und bieten Modificationen für die Existenz des organischen Lebens im Meere, je nachdem sie vor den Wellen geschützt oder ihnen ausgesetzt sind, und dieses geht bis nach Sitkainsel und Cross-Sund. Dann kommt

Digitized by Google

die mannigfach eingeschnittene Küste, die sich bis nach den Aleuten erstreckt, u. s. w. bis nach der Behringsstrasse.

Obgleich wir dieselben klimatischen Abstufungen haben, so ist der Charakter der beiden Küsten des amerikanischen Continents doch so wesentlich verschieden, dass wir sehr wichtige Modificationen in dem organischen Leben, wie in den physikalischen Verhältnissen, unter welchen es sich befindet, erwarten müssen. Wir haben nicht nur den sehr grossen Unterschied in der Masse des süssen Wassers an der Ost- und Westküste mit seinen Folgen, sondern auch die gestauten Wasser des Mexicanischen Meerbusens und ihre Fortsetzung in das Caraibische Meer mit dem Golfstrom zu beachten, die sich auf der einen Seite und nicht auf der anderen befinden, wobei wir den wichtigen Unterschied nicht vergessen dürfen, den die grossen Mittelmeere der Hudsons- und Baffins-Bay im Osten darbieten. Hierzu gehört noch das grosse Hinderniss, welches Amerika der Verbreitung von tropischen Meergeschöpfen von einem Ocean in den anderen darbietet, was sich besonders aus d'Orbigny's Untersuchungen über die Verbreitung der Thiere in beiden Meeren ergiebt. Nach demselben ist von 362 Arten von Mollusken in dem Atlantischen und Grossen Ocean nur eine Species, *Siphonaria Lessoni*, beiden gemeinsam. Von diesen 361 Arten gehören 156 dem Atlantischen und 205 dem Grossen Ocean. Wenn die beiden Seiten des amerikanischen Continentes verglichen werden, so ist das Verhältniss der Gasteropoden zu den Lamellibranchiaten in dem Atlantischen Meer wie 85 zu 71, in dem Stillen Meere wie 129 zu 76. Von 95 Gattungen, die den Küsten von Südamerika eigenthümlich sind, sind bloss 45 beiden Meeren gemeinsam. D'Orbigny schreibt dieses dem steilen Abfallen der westlichen Seite zu, indem sich die Cordilleren nahe an der Küste erheben und Felsen häufiger sind, als sandige Ufer, so dass sich schon darum erwarten lässt, dass die Gasteropoden häufiger sind, während die Atlantische Küste Schlamm, Schlich und Sand in Masse und grösstentheils ein sanft geneigtes Ufer darbietet. (S. *Recherches sur les lois qui président à la distribution des Mollusques Côtiers Marins. Compt. rend.* Vol. XIX. 1844. *Ann. des Scienc. Natur.* 3. Vol. III. p. 193. 1845.

Wir wollen nun einen Blick auf die verschiedenen Verhältnisse werfen, wie sie sich an der Westseite des Stillen Meeres darstellen. Obgleich ein grosser Theil des Wasserabflusses von Asien nach anderen Richtungen geht, so schickt ein bedeutender Flächenraum doch sein Wasser nach der Ostküste. Der Sachalian ergiesst sich hinter der Insel desselben Namens, und sein Wasser wird je nach den Umständen in das Ochotskische Meer oder in das Japanische Meer getrieben; diese beiden Meere, die von dem Ocean durch eine Reihe von Inseln, nämlich die Kurilen und Japanischen Inseln, getrennt sind, welche sich von Kamtschatka bis nach Corea erstrecken, haben bis zu einem

Digitized by Google

gewissen Grade den Charakter eines Mittelmeeres, besonders aber das Japanische Meer, wegen der grossen Menge von Inseln, die zwischen ihm und dem Stillen Meer liegen.

Weiter südlich kommen wir an das Gelbe Meer, welches eine bedeutende Wassermasse durch den Hoang-Ho und seine Nebenflüsse erhält, und noch weiter nach Süden ergiesst sich der Yang-tse-kiang ins Meer. Von da südlich fliessen bis zum Si-kiang und seinen Seitenflüssen in dem Meerbusen von Canton nur kleinere Flüsse in den Ocean, die Küste ist stark eingeschnitten, und in den oberen Theilen der so gebildeten Bayen ergiessen sich oft kleinere Flüsse und Bäche ins Meer.

Die Insel Hainan bildet mit dem langen Vorgebirge von dem Festlande den Tonkin-Meerbusen, in welchen sich der San-koi und andere Flüsse entleeren. Die Masse von süssem Wasser, die an der östlichen Küste von Cohinchina ins Meer fliesst, ist deshalb von keiner grossen Bedeutung, und erst, wenn man an dem Delta des Maikiang oder Camboja anlangt, wird das Meer bedeutend durch den Einfluss von süssem Wasser berührt, ein Einfluss, der sich indessen in dem Busen von Siam durch das Einströmen des Meinam wiederholt, der ungefähr 175 Meilen parallel mit dem Maikiang fliesst, welcher letztere im Ganzen auf etwa 440 Meilen einen ausnehmend geraden Lauf hat.

Der Rest des asiatischen Continentes, der von der Malayischen Halbinsel gebildet wird, entsendet keine bedeutende Süsswassermasse mehr in der Gestalt eines Hauptstroms in das Meer.

Wir haben also von Kamtschatka bis nahe zum Aequator eine continentale Mauer, mit hinreichendem Ausfluss von süssem Wasser, um merkliche Einflüsse auf verschiedene Küstentheile hervorzubringen, und folglich auch auf die Bedingungen, unter welchen thierisches Leben längs derselben existirt, so wie auf die Reste von Land- und Flusspflanzen und Thieren, die in die sich jetzt bildenden sedimentären oder chemischen Ablagerungen getrieben werden. Kleinere Theile des Oceans werden auch noch bis zu einem gewissen Grade durch Inseln, wie die Kette der Philippinen und Borneo abgetrennt, so dass derselbe bis zum Aequator in kleinere Massen geschieden wird, und eine beträchtliche Modification der physikalischen Verhältnisse an den Ost- und Westküsten des Stillen Meeres stattfindet.

Südlich vom Aequator haben wir keine weitere Masse von ununterbrochenem Lande im Westen, das sich mit dem fortlaufenden Continente von Amerika im Osten vergleichen lässt. Im Westen bietet sich kein Hinderniss für die freie Verbreitung des thierischen Lebens der Tropen, vorausgesetzt, dass die anderen Verhältnisse gleich sind. Obgleich viel Land sich über die Oberfläche des Meeres erhebt, und die Masse von Australien kaum einen viel geringeren Flächenraum als

Digitized by Google

Europa einnimmt, so wie Borneo und Neuguinea selbst eine beträchtliche Ausdehnung besitzen, so giebt es doch Wasserverbindungen, auf denen sich das organische Leben in den Meeren der Tropen unter günstigen Bedingungen verbreiten kann. Wenn auch die verschiedenen Inseln, mit Ausnahme von Australien, keine gehörigen Flächenräume für die Ansammlung und Entleerung von süssem Wasser darbieten, welche in einer Localität der Menge in einem der grossen Flüsse der Welt gleich wäre, so haben sie doch im Ganzen ebenfalls viel süsses Wasser, so dass die Verhältnisse von Aestuarien und Brackwasser und folglich physikalische Umstände wieder erscheinen, die eine Modification des organischen Lebens herbeiführen. So weit es die Ostküste von Australien betrifft, ist diese auf etwa 500 Meilen ebenso ununterbrochen und hat eben so wenig süsses Wasser, wie die gegenüberliegende Küste von Südamerika. Der westliche Theil des Stillen Meeres unterscheidet sich von dem östlichen Theile dadurch, dass der Meeresboden an einer Menge von Punkten und kleinen Flächen die Atmosphäre erreicht, und dadurch eine Combination von Verhältnissen herbeiführt, welche das thierische Leben und die Anhäufung seiner härteren Ueberreste afficiren.

Bei dieser Gelegenheit wollen wir darauf aufmerksam machen, welche wesentliche Veränderungen herbeigeführt würden, wenn durch eine Veränderung des Niveaus zwischen Meer und Land, wie sie weit über das hierzu nöthige Maass im Lauf der Zeiten stattgefunden hat, eine Verbindung von dem Atlantischen und Stillen Meer durch eine hinreichende Senkung der Landenge von Panama hergestellt, oder wenn die Verbindung zwischen dem Stillen Meer und dem Indischen Ocean durch eine Erhebung des Landes und Meerbodens zwischen Australien und der Malayischen Halbinsel, in der Richtung der Inseln Timor, Floris, Java und Sumatra aufgehoben würde. Wenn die Menge von oceanischen Inseln in dem westlichen Stillen Meer die Strömungen nicht zu sehr bräche, so würde innerhalb der Molukken, Borneo und der Philippinen ein gewisses Aufstauen des Wassers stattfinden, das dem gliche, welches jetzt hinter den westindischen Inseln stattfindet, und vielleicht auch eine Modification der Strömung, die längs den Küsten von China, dem Golfstrome ähnlich, entrinnt. So grossartig auch auf den ersten Anblick solche Veränderungen sind, so muss der Geologe sich doch mit Modificationen in der Vertheilung von Land und Wasser, mit Erhebungen und Senkungen von weit ausgedehnterer Art vertraut machen, wenn er die mit der Anhäufung und Vertheilung der organischen und mineralischen Stoffe in Verbindung stehenden Thatsachen in Erwägung zieht, wodurch in verschiedenen geologischen Perioden Felsarten gebildet worden sind.

In dem Indischen Ocean haben wir Küsten, die auf die tropischen und gemässigten Zonen beschränkt sind. Auf fast 500 Meilen bietet uns die Küste von Australien von Cap Leeuwin bis zum Cap Bougain-

Digitized by Google

ville keinen bekannten grossen Fluss dar, der eine hinreichende Wassermasse giebt, um einen Einfluss auf einen grösseren Raum auszuüben. Dasselbe ist der Fall mit der Inselreihe von Timor, Floris, Java Sumatra und die Malayische Halbinsel hinauf bis zu dem Golf von Martaban, wo der Irawaddi sein Delta bildet und süsses Wasser als Abfluss eines grossen Flächenraumes ins Meer ergiesst. Von dort bis zu der Mündung des Ganges wird keine bedeutende Menge süssen Wassers ins Meer geführt. Der grossen Wassermenge des Ganges ist bereits erwähnt worden. Von da finden wir bis zum Cap Comorin Flüsse von verschiedener Grösse, von denen die wichtigsten nach Süden zu der Mahanuddy, der Godavery, der Kistna und Colerun sind, die nebst kleineren Strömen den Abfluss des grossen Flächenraums von Südindien vermitteln. Im Ganzen erhalten das Bengalische Meer und der Meerbusen von Martaban eine beträchtliche Menge süssen Wassers, dessen Entleerung eine Masse von Sediment ins Meer führt und Verhältnisse in dem Wasser und Meeresboden hervorruft, welche sich jenseits Cap Comorin auf 250 Meilen nicht finden, bis wir den Meerbusen von Cambay erreichen, in den sich der Nerbudda und andere Flüsse ergiessen. Weiter nördlich fliesst der Indus ins Meer, und von da finden sich nur mässige Massen von süssem Wasser an der Küste von Belutschistan, die grosse Einbiegung des Meerbusens von Oman, und seine Fortsetzung in den Persischen Meerbusen, die fast trockene Küste von Arabien bis zu dem Arabischen Meerbusen und seiner langen Fortsetzung, dem Rothen Meere. Vom Cap Gardafui bis zum Vorgebirge der guten Hoffnung wird das Meer auf etwa 1100 Meilen wenig durch eine beträchtliche Entleerung von süssem Wasser berührt, ausgenommen an der Mündung des Zambezi und an einigen anderen Stellen.

Im Allgemeinen findet sich im Indischen Ocean ein Einfluss auf das organische Leben des Meeres durch süsses Wasser und hereingeschwemmte Land- und Flusspflanzen und Thiere hauptsächlich im Bengalischen Meerbusen, in dem Golf von Martaban und ferner an der Nordostküste des Arabischen Meerbusens und an zwei oder drei Stellen an der Osküste von Afrika. Madagascar und Ceylon ausgenommen, ist der von Inseln eingenommene Flächenraum gering. Die nach Osten ihn begrenzenden Küsten sind hauptsächlich die von beträchtlichen Inseln, von denen Australien eher den Namen eines Continents verdient, so dass in den tropischen Zonen eine freie Communication mit dem Stillen Ocean durch das Meer vermittelt wird. Nach Westen zu hindert Afrika alle directe Verbindung mit dem Atlantischen Meer, obgleich zu gleicher Zeit das Land, dessen Spitze das Cap der guten Hoffnung und das Agulhas-Cap bildet, sich verhältnissmässig wenig von den Wendekreisen nach Süden erstreckt, und Strömungen in der Weise aus dem Indischen Ocean um das Agulhas-Cap und die Südwestküste von Afrika sich hinauf erstrecken, dass kein beträchtliches Hinderniss

Digitized by Google

von Land zwischen dem organischen Leben der Tropen in dem einen Ocean und in dem anderen existirt, wobei man aber immer die Temperatur des Stromes berücksichtigen muss, der auf einige Entfernung vom Cap der guten Hoffnung an der Westküste von Afrika hinaufliesst, so wie dessen, der von dem Südende von Afrika eine Zeitlang die Ostküste entlang geht. Der Indische Ocean ist jetzt von der Meeresverbindung mit dem Norden abgeschnitten, wenn eine solche auch in früheren geologischen Zeiten statthatte, selbst noch in der tertiären Periode, wo sich die Wasser des Rothen und Mittelländischen Meeres vereinigten, während derselbe für die Verbreitung des organischen Lebens von Süden her offen ist, und er unterscheidet sich hierin von dem Atlantischen und Stillen Meere, welche sich von den nördlichen nach den südlichen Polargegenden erstrecken.

An der Westküste von Afrika entleert sich süsses Wasser hauptsächlich durch den Orange-Fluss, den Coanza und den Congo oder Zaire südlich vom Aequator, und durch den Niger, den Gambia und Senegal nördlich davon. Die Küste nördlich vom Senegal begrenzt das Atlantische Meer auf ungefähr 250 Meilen auf der einen Seite, und die grosse afrikanische Wüste auf der anderen. Von der Wüste bis zum Cap Spartel fallen nur kleinere Ströme in das Meer. Darauf folgt der grosse Einschnitt des Mittelländischen Meeres.

Die europäischen Flüsse, welche sich in das Atlantische Meer ergiessen, oder die von der Ebbe und Fluth desselben berührten kleinen Meere und Meeresstrassen sind unbedeutend im Vergleich mit den grossen Flüssen der Welt; ein grosser Theil des Wasserabflusses findet sogar seinen Weg in das Mittelmeer, das Schwarze und Caspische Meer, in die Ostsee und in das Polarmeer. Was in das Caspische Meer fällt, verdunstet, und wenn dieses nicht ganz im Schwarzen Meer der Fall ist, so verdunstet es dagegen in dem Mittelländischen Meer mit allem Wasser, welches direct in das letztere fliesst. Es finden deshalb nur die Abzugswasser von Europa aus der Ostsee ihren Weg in das Atlantische Meer neben denen, welche direct in dasselbe oder in die mit ihm communicirenden Buchten und Meeresarme fliessen. Doch fliesst genug aus, um der Küste in Bezug auf die Vermischung von süssem Wasser mit Seewasser die mannigfaltigsten Verhältnisse zu geben, unter denen organisches Leben gefunden wird, und unter welchen sich die Reste von Landthieren und solchen des süssen Wassers anhäufen.

In dem Arctischen Ocean bietet uns die Küste eine bedeutende Vermischung von süssem und salzigem Wasser dar, indem die Gewässer eines grossen Theils von Asien und eines kleinen Theils von Europa sich in ihn ergiessen. Ein Theil ergiesst sich in grosse Buchten oder Meeresarme, wie das Weisse Meer und der Obische Meerbusen, der des Jenisei, Chatanga und Kolima; ein Theil durch Delta-

Digitized by Google

bildungen, wie der Petschora und der Lena, und ein Theil auf die gewöhnliche Weise. Das an die Küsten dieser Länder geführte süsse Wasser ist während vieler Monate des Jahres durch das Klima unterbrochen oder vermindert; viel wird dann in der Gestalt von Eis aufgehalten, um in den wärmeren Monaten wieder frei zu werden. Das Eis modificirt nothwendig auch in den Meeren dieser hohen Breiten die Küstenverhältnisse für das organische Leben, wie sie an den gemässigten und tropischen Küsten der Erde statthaben. Der Abfluss in demselben Ocean von den Küsten von Nordamerika ist weniger wichtig als von Europa und Asien. Von den nordamerikanischen Flüssen scheint der Mackenzie der wichtigste und auf diesen folgt der Backfluss und der Sklavenfluss. Land und Meer sind an der Nordküste von Amerika so gemischt, Eis und Schnee so bedeutend, dass dies einen grossen Einfluss auf das Wasser der Küste ausübt.

Blicken wir auf das südliche Polarmeer, so finden wir das Eis und den Schnee des Polarlandes höchst bedeutsam. Eine ungeheure Eismauer nimmt dort zum grossen Theil die Stelle der Küste ein, so dass sowohl in der nördlichen wie in der südlichen Polarzone das um das Land angesammelte oder im Meer gebildete Eis die Existenz des thierischen Lebens und die Erhaltung seiner Reste in sedimentären und chemischen Niederschlägen auf das Bedeutsamste modificirt.

In solchen Gegenden finden wir auch die Verbreitung des organischen, pflanzlichen und thierischen Lebens im Meere und der luftathmenden Vögel und Säugethiere, die sich davon nähren, über die Verbreitung der Landvegetation hinaus, und ebenso von Thieren, die von der ersteren entweder direct oder indirect leben.

Die Bedingungen indessen für das Begrabenwerden der Reste von Landthieren und Pflanzen in den nördlichen und südlichen Polarländern sind in Bezug auf die jetzige Vertheilung von Land und Meer verschieden. In das nördliche Polarmeer ergiessen sich wichtige Flüsse und durch dieselben eine grosse Wassermasse während der warmen Jahreszeit, wenn das Eis an ihren Mündungen aufbricht und Schnee und Eis im Inneren schmelzen. Der Obi allein mit seinen Nebenflüssen bildet den Wasserabfluss für einen grossen Flächenraum in Asien, der sich von 47° bis 67° Breite erstreckt. Der Jenisei, der seinen Ursprung in dem Tangnu und dem kleinen Altai hat, fliesst ebenfalls durch 20 Breitegrade bis in 70° nördl. Br., während der Lena und seine Nebenflüsse, der den Wasserabfluss für einen Flächenraum von 196,391 Quadratmeilen bildet, in 57° N. Br. von den Jablonnoi- und Stannovoi-Bergen entsteht, deren östlicher Theil nach dem Ochotskischen Meer, einem Theil des Stillen Meeres hinsieht, und sich ungefähr im 73° 38′ nördl. Br. in das Polarmeer ergiesst. Noch andere Flüsse durchfliessen weite Räume von Norden nach Süden, wie der Dwina, der Petschora, Chatanga, Anabara, Olia, Olenek, Jana und Kolima. Auch in Nordamerika fliessen die

Digitized by Google

Flüsse nach Norden, und das von ihnen durchströmte Land erstreckt sich durch mehrere Breitegrade nach Süden, obgleich ihr Lauf vielfach von Seen unterbrochen ist, die überhaupt einen hervorragenden Zug in der physischen Geographie von Nordamerika bilden, und deren Wasservolumen auf 2825 Cubikmeilen geschätzt wurde. Der Mackenziefluss, der sich in ungefähr 69° nördl. Br. in das Polarmeer ergiesst, fliesst aus dem Sklavensee im 61° nördl. Br. aus, und der Fluss nimmt während seines Laufes durch acht Breitegrade den Abfluss des Grossen Bärensees auf. Wenn man den Sklavensee als eine blosse Unterbrechung betrachtet, wo sich das Wasser in einer Einsenkung über einen weiteren Raum verbreitet, so bildet der Mackenzie den Abfluss für einen beträchtlichen Flächenraum von 127,500 Quadratmeilen, und reicht durch den Sklavenfluss, der aus dem westlichen Ende des Athabasca-Sees fliesst, und durch den Athabasca selbst, der in denselben See ebenfalls an seinem westlichen Ende fliesst, bis zu 52° 30′ nördl. Br.

In den nördlichen Theilen von Europa und Asien hat ein Flächenraum von ungefähr 750,000 Quadratmeilen seinen Wasserabfluss in das Polarmeer, und in einigen Theilen von Nordamerika giebt es deshalb Verhältnisse, besonders während Ueberschwemmungen durch das Schmelzen von Eis und Schnee, unter denen die Reste des organischen Lebens des Landes und des süssen Wassers in die nördlichen Meere geführt werden, und sich dort mit Sediment mischen, auf deren Fortführung und Ablagerung das Eis einen wichtigen Einfluss hat. Es lässt sich erwarten, dass bei der Abwechslung von Land und Wasser oft Landthiere während ihrer Wanderungen über das Eis umkommen, wenn das letztere in den Kanälen und Buchten aufbricht, und dass ihre Knochen in dem sich ansammelnden Sediment erhalten werden. In dem südlichen Continent, mit dem uns die Seefahrer kürzlich bekannt gemacht haben, finden sich keine Verhältnisse der Art. Dort finden sich keine grossen Flüsse, und weder Landpflanzen noch Thiere, die direct oder indirect von ihnen leben, liefern ihre Reste zur Vermischung mit sich bildenden sedimentären Ablagerungen. Jeder Beitrag zu den letzteren durch grosse Flüsse ist abgeschnitten, und die geringe Menge von Schutt, die vom Lande kommt, findet sich nur an den wenigen Punkten, die während der kurzen Jahreszeit von der Brandung berührt werden, in welcher die Küsten vom Eis befreit sind. Das feinere nicht vom Eis getragene Sediment, das die Reste organischen Lebens einschliesst, rührt wohl haupsächlich von Aschen und Rapillen her, die die Vulcane auswerfen und über die benachbarten Meere zerstreuen.

Dies mag genügen als Beleg für die ungleichen Verhältnisse, in Bezug auf das Klima und die Vermischung des süssen Wassers mit dem Meere. Der Beobachter hat dann zunächst den wechselnden Charakter der Küsten selbst zu betrachten, die Seichtigkeit oder Tiefe der

Digitized by Google

benachbarten Meere und die Modificationen in der Temperatur, dem Druck, dem Licht und den Verhältnissen der beigemengten Luft, die daraus hervorgehen. Es ist bereits bemerkt worden, dass die Masse des Oceans so in Bezug auf das specifische Gewicht seines Wassers sich ordnet, dass eine gleiche Temperatur von 4,16° C. in hinreichender Tiefe von dem einen bis zum anderen Pol herrscht, dass Wasser von einer höheren Temperatur sich über dieses schwerere Wasser zwischen den Wendekreisen erhebt, und Wasser von einer niedrigeren Temperatur nach den Polen hin. Obgleich diese gleichmässige Temperatur in geeigneter Tiefe herrscht, so wird sie nothwendiger Weise modificirt, je nachdem die Meere seichter werden, oder wärmeres oder kälteres Wasser durch Strömungen von einem Theile des Oceans in den anderen geführt wird. Wenn man sich den Küsten in den Theilen der Erde nähert, wo wärmeres Wasser über solches von einer Temperatur von 4,16° C. strömt, so hat man die Verhältnisse, unter denen die Temperatur nach der Tiefe zu unter dem Meeresspiegel bis zu 7200 Fuss, und aufwärts in die Luft bis zu der grössten Höhe des Landes abnimmt. Im Allgemeinen, und so weit es die Temperatur betrifft, könnten Meeresthiere, welche eine Abnahme der Temperatur bis zu 4,16° C. ertragen können, wobei die Temperatur der Oberfläche auf 25° C. angenommen ist, von dem Spiegel des Meeres bis zu den grössten Tiefen in dem Aequatorialocean leben. Eine höhere Temperatur kann unter günstigen Verhältnissen bei seichtem Wasser und geringer Fluth in einigen tropischen Gegenden sich finden. In den Polargegenden, die zwischen den Gürteln gleicher Temperaturen von der Oberfläche bis zu dem Grunde des Meeres liegen, und innerhalb deren kälteres Wasser über dem von 4,16° C. fliesst, herrscht ein verschiedener Zustand der Dinge. In Bezug auf Temperatur allein könnten die Thiere, welche in tropischen Gegenden leben und keine niedrigere Temperatur als 4,16° C. ertragen können, nicht die höheren Theile des Wassers bewohnen.

Während die Temperatur des Oceans in den Aequatorialgegenden nicht sehr wesentlich auf seiner Oberfläche wechselt, verhält es sich verschieden bei den Theilen seiner höheren Wasserschichten, die dem Wechsel von Winter und Sommer ausgesetzt sind, so dass dort die Temperatur des Wassers der Oberfläche, besonders an Küsten, bedeutender modificirt wird. Die Thiere, welche in den seichten Gewässern solcher Gegenden leben, können deshalb einen Unterschied in der Temperatur ertragen, welcher die in den tropischen Meeren lebenden nicht trifft. Dies ist besonders der Fall an Küsten und Buchten, welche Ebbe und Fluth besitzen, wo selbst bei Hochwasser grosse Küstenstrecken nur von seichtem Wasser bedeckt sein können und bei der Ebbe trocken werden.

Obgleich nicht bezweifelt werden kann, dass die Unterschiede der Temperatur in Bezug auf die Anpassung des thierischen und pflanzli-

Digitized by Google

chen Lebens im Meere von grosser Bedeutung sind, so ist doch offenbar, dass mit Rücksicht auf die Temperatur allein ein grosser Theil des Oceans von ähnlichen lebenden Wesen bewohnt sein kann, und sich über seinen Boden in jeder Tiefe von ungefähr 7200 Fuss am Aequator, 3600 Fuss in 45° S. Br., an der Oberfläche in 54°—58° S. Br. und bei 4500 Fuss in 70° südl. Br. erstrecken kann, und wahrscheinlich mit einigen Modificationen, die von der verschiedenen Vertheilung von Land und Wasser im Süden und Norden herrühren, in einer ähnlichen Weise in den nördlichen Polargegenden. Auch muss man die Modificationen nicht vergessen, die in den verschiedenen Meeren herrschen, welche mit der Hochsee communiciren und mehr oder weniger von ihr getrennt sind, wie dem Mittelländischen Meer, in dessen westlichem Theile das Wasser unterhalb einer Tiefe von 200 Faden (1200 Fuss) auf einer Temperatur von 12,7° C. bleiben soll. Berard fand in einer Tiefe von 1200 Faden, ohne den Grund zu erreichen, zwischen den Balearischen Inseln eine Temperatur von 11,8° mit einer Oberflächentemperatur von 21° und der Luft von 24° C. Nach anderen Beobachtungen in dem westlichen Theile des Mittelländischen Meeres bei einer Tiefe von 600 und 750 Faden und einer dritten nicht näher bezeichneten, fand man das Wasser immer noch auf 13°, obgleich die Temperatur der Oberfläche beträchtlich wechselte. D'Urville bemerkt, dass diese Versuche, mit denen von ihm in dem Mittelländischen Meere bei 300, 200, 250, 600 und 300 Faden angestellten übereinkommen, wo er die Temperaturen von 12,5°, 12,2°, 14,5°, 12,5° und 12,6° C. fand.

Neben den Unterschieden der Tiefe hat der Beobachter die Unterschiede des Druckes zu erwägen, dem Thiere oder Pflanzen im Meere unterworfen sind, denn derselbe wird selbst unter gleichen Temperaturen bei einer Tiefe von 7200 Fuss unter dem Aequator und in den Gegenden des Oceans, wo die Temperatur von 4,16° zur Oberfläche kommt, ein sehr verschiedener sein. Wir könnnen uns kein Thier so organisirt denken, dass es einmal einen Druck von 200 Atmosphären und das andere Mal von 2 oder 3 Atmosphären ertragen kann. Ein Geschöpf, welches eine Tiefe von 100 Fuss bewohnt, wird mit Einschluss des Atmosphärendrucks einen Druck von ungefähr 60 Pfund auf den Quadratzoll aushalten, während ein Thier bei der mässigen Tiefe von 4000 Fuss einen Druck von ungefähr 1830 Pfund auf den Quadratzoll erleidet.

Die Thiere sind neben anderen Existenzbedingungen für einen bestimmten Druck oder einen bestimmten Spielraum in den Druckverhältnissen construirt, so dass sie sich frei in dem Medium der Luft oder des Wassers, in welchem sie leben, bewegen können. Alle ihre feinen Gefässe und die Kraft ihrer Muskeln sind dazu eingerichtet. Wenn der Druck entweder zu klein oder zu gross wird, so stirbt das Geschöpf,

Digitized by Google

und darum wird es, wenn es sich in einem solchen Medium, wie das Meer, frei bewegen kann, nicht leicht die Tiefen verlassen, in denen es sich wohlbefindet. Es ist bekannt, dass sich viele Fische gewissen Tiefen durch ihre Schwimmblasen anpassen können. Diese Einrichtung verändert indessen nur ihr specifisches Gewicht im Ganzen, indem das relative Volumen der Luft oder der Gase in den Schwimmblasen die Hauptursache des Unterschiedes ist, obgleich unzweifelhaft auch der Druck in grossen Tiefen das Volumen von solchen anderen Theilen ihres Körpers vermindert, welche irgendwie zusammendrückbar sind, während ihr Aufsteigen aus tiefem Wasser bis nahe an die Oberfläche das Umgekehrte zur Folge hat. Diese Schwimmblasen sind für jede Fischart so für gegebene Tiefen eingerichtet, dass man beobachtet hat, wie das Gas oder die Luft bei Fischen, die aus einer Tiefe von ungefähr 3300 Fuss, also aus einem Druck von etwa 100 Atmosphären, herausgebracht wurden, so beträchtlich an Volumen zunahmen, dass sie die Schwimmblase, den Magen und andere benachbarte Theile in einer blasenförmigen Masse aus dem Maule hervordrängten.

Während auf diese Weise einige Arten von Meeresthieren ihr specifisches Gewicht dem Medium, in welchem sie sich befinden, anpassen können, indem auch einige Mollusken, wie der Nautilus, dies Vermögen besitzen, so sind andere unter gewöhnlichen Umständen unfähig, sich über den Meeresboden zu erheben. Es ist klar, dass, je weniger ihre Theile zusammendrückbar sind und die Flüssigkeiten in ihnen mit dem specifischen Gewicht des Meeres übereinkommen, in welchem sie leben (und das specifische Gewicht des Meeres scheint sich nicht durch eine Zunahme seines Salzgehaltes bis zu grosser Tiefe zu verändern, obgleich das Wasser etwas zusammendrückbar ist, und deshalb je nach der Tiefe dichter wird), desto weniger sie die Schwierigkeiten einer Veränderung der Tiefe erfahren. Je mehr dagegen gewisse Theile zusammendrückbar sind, und Luft oder gasförmige Stoffe in ihrem Körper eingeschlossen sind, desto weniger werden sie Tiefenveränderungen ohne Schaden ertragen können.

Dass das Licht seine Wirkung eben so wohl auf die Vegetation des Meeres, wie des Landes ausübt, lässt sich im Voraus erwarten, da das Tageslicht im Ganzen genommen für die eine so wichtig wie für die andere ist. Es ist auch offenbar für alle Geschöpfe des Meeres wichtig, welche Sehorgane besitzen, so dass die vielen Fische, Crustaceen und Mollusken, welche Augen besitzen, solche Localitäten und Tiefen im Meere einnehmen, in welchen sie das ihnen nöthige Licht erhalten können. Der *Pomatomus Telescopium*, der in einer beträchtlichen Tiefe in dem Mittelländischen Meer bei Nizza gefangen wird, ist ein Beispiel von der Anpassung für eine geringere Menge Licht, das seinen gewöhnlichen Aufenthaltsort erreicht, indem seine Augen durch ihre Grösse sich auszeichnen, und so construirt sind, dass sie alle Licht-

Digitized by Google

strahlen sammeln, welche in die grossen Tiefen seines Aufenthaltsortes dringen. Während das Licht indessen absolut für die Existenz vieler Meeresgeschöpfe nothwendig ist, ist dieses offenbar für andere nicht der Fall, für solche nämlich, welche keine Augen besitzen. Viele Meeresgeschöpfe scheinen unter Verhältnissen zu leben, unter denen es ihnen von geringem Werthe sein kann, aber auf der anderen Seite kann der Einfluss von Licht oft von Wichtigkeit sein, wo man es nicht vermuthet.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass das Vermögen, eine gehörige Menge von atmosphärischer Luft in dem Wasser zu erhalten, ein wichtiges Element in der Existenz des thierischen und pflanzlichen Lebens in dem Meere bildet. Für das eine wie für das andere scheint der Sauerstoff nothwendig zu sein. An der Berührung des Meeres und der Atmosphäre haben wir die besten Bedingungen für die Absorption der Luft durch das Wasser, indem die Bewegung der Oberfläche durch die Reibung der Atmosphäre auf das Meer hauptsächlich während heftiger Stürme für eine mechanische Mischung beider besonders günstig ist und die Absorption der Luft befördert. Die Reibung der Luft auf Süsswasserseen bringt dasselbe Resultat hervor, wie dies auch die Stromschnellen und Wasserfälle in vielen Flüssen thun, besonders in denen, in welchen hoch schwimmende oder geringere Tiefen bewohnende Fische am meisten gedeihen. Ueber die Menge von Luft, oder vielmehr von ihrem nöthigen Elemente, dem Sauerstoffe, in verschiedenen Tiefen im Meere, besitzen wir keine genügenden Erfahrungen, so dass Untersuchungen darüber sehr wünschenswerth sind. Nach den Untersuchungen von Biot über den Gasgehalt der Schwimmblasen der Fische, scheint es, dass dieser Inhalt wahrscheinlich nach der Tiefe, in welcher solche Fische leben, wechselt. Er fand, dass diese Schwimmblasen fast mit reinem Stickstoff bei solchen Fischen gefüllt waren, die seichtes Wasser bewohnen, und mit Sauerstoff und Stickstoff in dem Verhältniss von 9 : 1 bei Fischen, die in einer Tiefe von 3000—3500 Fuss leben.

Nach Aimé ist die Menge der in dem Wasser des Mittelländischen Meeres, Algier gegenüber, verbreiteten Luft fast constant von der Oberfläche bis zu der Tiefe von 5250 Fuss. (*Compt. rend.* 1843, S. 749.)

Es lässt sich annehmen, dass das Wasser der Oberfläche wegen seiner unmittelbaren Berührung mit der Luft leichter den nöthigen Gehalt daran erhalten kann, als das in einer grösseren Tiefe, so dass die Art des Sauerstoffverbrauchs solchen Verhältnissen angepasst ist, indem Thiere, die grosse Tiefen bewohnen, so gebildet sind, dass sie denselben in beträchlichen Zwischenräumen bedürfen. In Meeren mit Ebbe und Fluth finden wir gewisse Mollusken so gebildet, dass sie an Orten leben, die während der Ebbe der Atmosphäre ausgesetzt sind, während andere an Orten wohnen, die immer von dem Meere bedeckt sind, ausgenommen vielleicht während der Springfluthen der Tag- und Nachtglei-

Digitized by Google

chen. Viele Mollusken betrachtet man gewöhnlich als Littoralarten, weil sie Ufer bewohnen, während man andere nur aus grossen Tiefen erhält.

Obgleich man seit längerer Zeit schon sich allgemeine Ansichten bezüglich der Modificationen des thierischen Lebens im Meere durch Temperatur, Luft und die Fähigkeit, sich Sauerstoff zu verschaffen, gebildet hat, so besassen wir doch kaum hinreichende Thatsachen für eine philosophische Betrachtung des Gegenstandes, ehe Edward Forbes darüber in der Nordsee und in dem Aegeischen Meere die nöthigen Untersuchungen anstellte.

Forbes wies nach, dass in Bezug auf die hauptsächlichsten Einflüsse das Klima im östlichen Theile des Mittelmeeres gleichförmig ist, und dass die Abwesenheit gewisser Arten in dem Aegeischen Meere, die für den westlichen Theil des Mittelmeeres charakteristisch sind, mehr von einer Modification in dem Meerwasser durch das Einströmen des weniger salzigen Wassers des Schwarzen Meeres, als vom Klima abhängt. Er schreibt dieser Ursache den zwerghaften Charakter der Mollusken zu, der mit wenigen Ausnahmen hier herrscht, wenn man sie mit ihren analogen Arten in dem westlichen Mittelmeere vergleicht. „Man sieht dies hauptsächlich bei einigen der verbreiteteren Arten, wie *Pecten opercularis*, *Venerupis irus*, *Venus fasciata*, *Cardita trapezia*, *Modiola barbata* und den verschiedenen Arten von *Bulla*, *Rissoa*, *Fusus* und *Pleurotoma*, die alle gleichsam als Miniaturrepräsentanten ihrer westlicheren Brüder erscheinen. Dieser Ursache kann man auch wahrscheinlich die Seltenheit der Corallen und Corallinen zuschreiben. Schwämme scheinen dadurch nur zu gewinnen." (*Reports of the British Association*, Vol. XII, S. 152.) Der Einfluss des Flusswassers hat seine Folgen, und unter 46 Arten von Schaalthieren, die an der Küste von Alexandria gesammelt wurden, befanden sich vier Land- und Süsswassermollusken, von denen drei wirkliche subtropische Formen sind (*Ampullaria ovata*, *Paludina unicolor* und *Cyrena orientalis*), so dass, während in einem Theile des Mittelmeeres Formen von diesem Charakter mit den gewöhnlichen Meerestestaceen gemischt sind, in anderen, wie bei Smyrna, *Melanopsis*, bei Toulon charakteristische europäische Pulmonaten mit ihnen vorkommen. Forbes zeigte auch, dass, während Pflanzen von einem subtropischen Charakter durch den Nil auf der einen Seite in das Mittelmeer in Begleitung von Krokodilen und Ichneumonen geführt werden können, auf der anderen die Donau Pflanzentheile der österreichischen Alpen mit den Resten von Murmelthieren und Bergsalamandern mit sich bringen kann, wobei die Reste von Meergeschöpfen, die sich mit diesen gleichzeitigen Ablagerungen mischen, einen gemeinsamen Charakter besitzen.

In Bezug auf Modificationen in den Lebensbedingungen, die durch eine verschiedene Tiefe entstehen, theilt Forbes das östliche Mittel-

Digitized by Google

meer in acht Zonen, von denen jede durch ihre eigenthümliche Fauna, und wenn Pflanzen vorkommen, auch durch ihre Flora charakterisirt ist. Gewisse Arten finden sich nur in einer Zone, einige verbreiten sich nicht in die nächste darüber, während sie in die darunter gehen oder umgekehrt. „Gewisse Arten haben ihre höchste Entwicklung in jeder Zone, und sind am reichsten an Individuen in der Zone, in welcher ihr Maximum ist, und für die sie als besonders charakteristisch betrachtet werden können. Vermischt mit den wahren Eingeborenen jeder Zone finden sich Streifzügler, deren Gegenwart von der Thätigkeit secundärer Einflüsse abhängt, welche die Verbreitung bestimmen. Jede Zone hat auch einen mehr oder weniger allgemeinen mineralogischen Charakter, indem der Meeresboden nicht gleichmässig in jeder wechselt und immer mehr einförmig wird, je tiefer wir hinabgehen. Die tieferen Zonen sind am ausgedehntesten, so dass während die erste oder oberflächlichste nur zwölf Fuss in senkrechter Höhe beträgt, die achte oder niedrigste über 700 Fuss hoch ist." (*Reports of British Association*, Vol. XII, S. 154.)

Während Forbes die erste oder Littoralzone beschreibt, die also auf 12 Fuss beschränkt ist, werden alle Modificationen nachgewiesen, die von der Art des Grundes, von Fels, Sand oder Schlamm und den Wirkungen der Wellen herrühren, welche die Ueberbleibsel von Thieren mitbringen, die die nächste Zone darunter bewohnen. Die zweite Zone wird auf 48 Fuss geschätzt, und sie bewegt sich zwischen 2 bis 10 Faden; die dritte auf 60 Fuss, zwischen dem Niveau von 10 und 20 Faden; die vierte auf 90 Fuss, zwischen 20 und 35 Faden; die fünfte auf 120 Fuss, zwischen 35 und 55 Faden; die sechste auf 144 Fuss, von 55 bis 79 Faden; die siebente auf 150 Fuss, von 80 bis 105 Faden, und die achte Alles, was unterhalb 105 Faden untersucht ist, bis zu 750 Fuss, mehr als die doppelte Tiefe von allen anderen Zonen zusammen. Die ganze Tiefe beträgt 1380 Fuss.

Die Modificationen der wirbellosen Thiere, die durch die Lebensbedingungen in diesen verschiedenen Zonen oder Gegenden hervorgebracht werden, sind so bedeutend, dass nur zwei Arten von Mollusken allen acht gemeinsam waren, nämlich *Arca lactea* und *Cerithium lima*, „die erste wahrhaft einheimisch von der ersten bis zu der letzten; das letztere wahrscheinlich nur ein Streifzügler in der tiefsten Zone." Drei Arten, *Nucula margaritacea*, *Marginella clandestina* und *Dentalium* 9-*costa*, waren sieben Zonen gemeinsam, neun (*Corbula nucleus*, *Neæra cuspidata*, *Pandora obtusa*, *Venus apicalis*, *Turritella* 3-*plicata*, *Triforis adversum*, *Columbella linnæi*, *Cardita trapezia*, *Modiola barbata*) sechs Zonen, und siebenzehn fünf Zonen (*Neæra costellata*, *Tellina pulchella*, *Venus ovata*, *Cardita squamosa*, *Arca tetragona*, *Pecten polymorpha*, *Pecten hyalinus*, *Pecten varius*, *Crania ringens*, *Natica pulchella*, *Rissoa ventricosa*, *Rissoa cimicoides*, *Rissoa reticulata*, *Trochus exiguus*, *Columbella rustica*, *Conus*

Digitized by Google

mediterraneus, *Terebratula detruncata*). In Bezug auf die geographische und die vertikale Verbreitung bemerkt E. Forbes, dass die Arten, welche die eine in grossem Maasse besitzen, auch die andere haben, indem mehr als die Hälfte von diesen eine ausgedehnte Verbreitung der Tiefe nach haben, und sich auf entfernte Oertlichkeiten erstrecken, fast in jedem Falle bis in die englischen Meere, einige noch weiter nach Norden, einige in das Atlantische Meer weit südlich von der Strasse von Gibraltar. Er zieht den Schluss, dass „die Ausdehnung der Verbreitung der Species in die Tiefe der geographischen oder horizontalen Verbreitung entspricht."

Bezüglich des Einflusses des Lichtes giebt uns Forbes Beobachtungen bei den Mollusken und anderen Thieren, die grosser Beachtung und weiterer Forschungen werth sind, wobei er auf Modificationen aufmerksam macht, die in vielen Fällen einer Menge von Nulliporen und einer schönen seegrünen Alge, der *Caulerpa prolifera*, zuzuschreiben sind. Die meisten Schaalthiere in der unteren Zone waren weiss oder rosenfarben, und nur wenige besassen eine andere Färbung. In den höheren Zonen hatten die Schaalen in vielen Fällen glänzende Farbencombinationen. Auch waren die Thiere der Testaceen und Radiaten in den höheren Zonen viel glänzender gefärbt als in den unteren, wo sie gewöhnlich weiss sind, wie sich auch sonst die Farbe der Schaale verhalten mag. Forbes fügt hinzu: „in der siebenten Zone sind weisse Species von Testaceen ebenfalls sehr häufig, obgleich sie keineswegs einen so grossen Theil bilden, als in der achten. Braunroth, die vorherrschende Farbe der Brachiopoden, giebt auch der Fauna dieser Zone ihren Farbencharakter; die in ihr vorkommenden Crustaceen sind roth. In der sechsten Zone werden die Farben glänzender, roth und gelb herrschen vor, färben indessen gewöhnlich die Schaale einförmig. In der fünften Zone sind viele Species gestreift oder gewölkt mit mancherlei Farbenschattirungen und die Zahl der weissen Arten hat sich beträchtlich vermindert. In der vierten sind Purpurfarben und Farbencontraste gewöhnlich. In der zweiten und dritten begegnet man grünen und blauen, bisweilen sehr lebhaften Farben, aber die buntesten Farbencombinationen und das glänzendste Weiss sieht man in der Littoralzone."

Forbes wählt als Beispiel für die Farbe von Testaceen die Gattung *Trochus*, „da diese zu einer Formengruppe gehört, die die glänzendsten Farben sowohl der Schaale wie des Thieres darbietet; aber während die Thiere von solchen Arten, welche die Littoralzone bewohnen, bunt mit manchen lebhaften Farben getupft sind, haben die Thiere aus grösserer Tiefe meistentheils eine einförmige gelbe oder röthliche Farbe oder sind ganz weiss, obgleich ihre Gehäuse fast so glänzend gefärbt sind, wie die ihrer Verwandten nahe an der Oberfläche." (*Reports of Britisch Associat.*, Vol. XII, S. 173)

Digitized by Google

Forbes legt nach seinen Untersuchungen nicht nur grosses Gewicht auf den Grund, in oder auf welchem Meeresthiere leben, wobei es klar ist, dass Geschöpfe, deren Lebensweise sie für den Schlamm eignet, sich auf blossem Felsengrunde übel befinden; sondern er macht auch auf die Wirkungen aufmerksam, die die Anhäufung der härteren Theile verschiedener Generationen von Thieren auf demselben Boden haben, wodurch seine Beschaffenheit verändert wird, so dass sie in Folge dieser Zunahme aussterben können. Er weist dies bei Kammmuscheln, *Pecten opercularis*, und Austern nach, die bei beträchtlicher Vermehrung durch die Ansammlung ihrer Schaalen Gelegenheit zu einer Bodenveränderung geben, so dass die Rasse ausstirbt und der muschlige Boden durch Sedimente bedeckt wird. Er glaubt, dass, ehe die alte Beschaffenheit durch eine neue Ablagerung von Sediment, welches verschieden von dem ist, das die thierischen Reste darbieten, hergestellt ist, die alten Thiere nicht den für sie passenden Boden finden, und die geologische Bedeutung dieser Ansicht ergiebt sich aus den Streifen oder Schichten von Versteinerungen, die man so häufig mit gewöhnlichem Sediment abwechselnd findet. Es finden sich nach Forbes in allen Tiefenzonen öde Strecken, die gewöhnlich aus Sand oder Schlamm bestehen. Die wenigen Thiere, die solche Strecken besuchen, sind meist weich und nicht erhaltbar. In einigen schlammigen und sandigen Districten sind indessen Würmer sehr zahlreich, und an solche Plätze kommen viele Fische nach Nahrung. Die Seltenheit der Reste von Schaalthieren im Sandstein, die Fährten von Würmern mit Wellenfurchen auf Sandsteinen, die offenbar in einem seichten Meere abgelagert wurden, und die Fischreste in solchen Gesteinen werden grösstentheils durch diese Thatsachen erklärt. Zum Schluss bezieht er sich auf das Bild der jetzigen Fauna des Aegeischen Meeres, welches sich zeigen würde, wenn der Boden zu trockenem Land erhoben oder das Meer durch Sedimentärablagerungen ausgefüllt wäre. Während die Reste von einigen Thieren den nöthigen Beweis ihrer Existenz liefern und unter Umständen vorkommen würden, aus denen man die wahrscheinliche Tiefe, in welcher sie lebten, erschliessen könnte, würde man von anderen in den jetzigen Meeren sehr häufigen Thieren keine Spur finden.

Wir können nicht unterlassen, die für die Geschichte des organischen Lebens in den verschiedenen geologischen Epochen in dieser Beziehung sehr wichtigen Folgerungen von Forbes hier anzuführen.

1. Unter den höheren Thieren werden die Reste der Meeresvertebraten sehr sparsam und einzeln verbreitet sein.

2. Von der höchsten Abtheilung der Mollusken, den Cepholopoden, die zwar arm an Arten, aber reich an Individuen sind, werden sich nur wenige Spuren finden, mit Ausnahme der Sepia, deren Schulpen in den sandigen Schichten vorkommen werden, welche Theile von der Küste des erhobenen Seegrundes sind.

3. Von den Nudibranchiern unter den Mollusken wird aller Wahrscheinlichkeit nach keine Spur mehr vorhanden sein, und obgleich wir nach der Analogie jeden Grund zur Annahme haben, dass diese schönen und höchst charakteristischen Thiere in der Tertiärzeit, wenn nicht schon früher, eben so wohl gelebt haben, wie jetzt, so wird doch nicht der geringste Rest als Beweis ihres früheren Daseins übrig sein.

4. Unter den Pteropoden und Nucleobranchiern werden die schaalenlosen Abtheilungen zugleich mit den Nudibranchiern verloren sein, während wir die Reste der mit Schaalen versehenen Arten in ungeheurer Menge besitzen würden, welche charakteristisch für die weichen kreideartigen Ablagerungen der untersten Zone sind.

5. Die Brachiopoden würde man in tief begrabenen Schichten von Nulliporen und Kies finden, und nach ihrer Häufigkeit könnte man gleich die Tiefe angeben, in welcher sich diese Schichten gebildet haben.

6. Die Lamellibranchier würden wir am häufigsten in dem weichen Thon und Schlamm finden, und zwar in solchen Ablagerungen gewöhnlich beide Klappen in ihrer natürlichen Lage, während solche Arten, welche auf kiesigem und offenem Grunde leben, meistens im Zustande von einzelnen Klappen vorkommen werden.

7. Die beschaalten Gasteropoden würden sich in allen Bildungen finden, aber häufiger in kiesigen als in schlammigen Ablagerungen. Alle Folgerungen bezüglich des nördlichen oder südlichen Charakters der Fauna, sowohl der Gasteropoden wie der Conchiferen, oder des Klimas, unter welchem sie existirten, müssten verschieden ausfallen nach der Tiefe, in welcher eine bestimmte untersuchte Schichte sich findet und nach der Classe von Mollusken, die an dem untersuchten Orte vorherrscht.

8. Die Chitonen würden sich nur in dem Zustande von einzelnen Klappen finden und wahrscheinlich nur selten, denn die vielen Arten, welche unter zerbrochenen Felsstücken und Geröllen leben, aus denen sich später ein Conglomerat bildet, würden aller Wahrscheinlichkeit nach zerstört werden, und ebenso auch die grössere Zahl der sublittoralen Mollusken.

9. Die Tunicaten würden ganz verschwinden, obgleich sie jetzt ein wichtiges Glied zwischen dem Mittelmeere und den nördlicheren Meeren bilden.

10. Von den Arachnodermen Radiaten würde sich keine Spur finden, ausgenommen, wenn das häutige Skelett der *Velella* unter besonders günstigen Umständen in Sand aufbewahrt wurde.

11. Unter den Echinodermen würden sich gewisse Echinusarten ganz finden; Cidarisarten würden wegen der Tiefe, in welcher dieses Thier lebt, in gewissen Schichten nicht selten sein, da die Zone, in

Digitized by Google

welcher sie wohnen, die grosse unterste Zone des Kalkschlamms begrenzt; die Stacheln würden sich zuweilen in dieser Ablagerung weit entfernt von den Körpern finden, zu welchen sie gehören. Seesterne, ausgenommen solche, die auf Schlamm oder Sand leben, würden sich nur durch die gelegentliche Erhaltung ihrer Kalktäfelchen kund geben. Ueber die Ausdehnung ihrer Verbreitung und die Zahl der Species könnte man keine richtige Vorstellung erhalten. Von den zahlreichen Holothuriden und Sipunculiden würde wahrscheinlich keine Spur da sein. Der einzige Crinoid würde leicht ganz erhalten werden, aber seine Kalktäfelchen und becherförmiges Becken würden sich in den mehr muschligen Ablagerungen finden.

12. Unter den Zoophiten könnten die hornartigen Arten Eindrücke in den aus dem schwarzen Schlamm, auf welchem sie leben, gebildeten Schiefern zurücklassen, welche denen der Graptoliten glichen. Korallen würden sich wenige finden, häufiger vielleicht in den Muschelschichten, meist aber in Bruchstücken. Die *Cladocora cæspitosa* würde untrüglich die Grenzen des Meeres bezeichnen, und könnte wegen der Grösse ihrer Massen in Conglomeraten erhalten werden, wo die Testaceen umgekommen sein würden. Die Actinien würden ganz verschwunden sein.

13. Von den Schwämmen könnten Spuren der kieselerdereicheren Arten gefunden werden, wenn sie unter günstigen Umständen begraben worden.

14. Die Articulaten würden, mit Ausnahme der mit Schaalen versehenen Anneliden, grösstentheils in einem fragmentären Zustande sein.

15. Foraminiferen würden sich in allen Ablagerungen finden, indem ihre Kleinheit ihnen Schutz verleiht; aber sie würden am häufigsten in den höchsten und untersten Schichten vorkommen, indem bestimmte Arten für beide charakteristisch sind.

16. Einige Strecken würden ganz der Versteinerungen ermangeln, indem manche, wie der Schlamm des Busens von Smyrna, nur wenige und vereinzelte enthält, während ähnlicher Schlamm in anderen Localitäten eine Menge von organischen Resten darbietet. Auf sandigen Ablagerungen, die in irgend einer beträchtlichen Tiefe gebildet sind, würden sie selten sein und oft ganz fehlen. Versteinerungen führende Schichten würden gewöhnlich mit solchen abwechseln, die wenige oder gar keine organischen Reste enthalten. Während gegenwärtig die Littoralzone die grösste Zahl und Mannigfaltigkeit von thierischen und vegetabilischen Bewohnern darbietet, unter welchen sich die charakteristischsten des Mittelmeeres finden, so würden sich ihre Reste nach der Erhebung und Festwerdung wahrscheinlich unvollkommen erhalten finden, im Vergleich mit den Bewohnern der tieferen Zonen, weil sie grösseren Zufällen ausgesetzt, und meistentheils in steinigen und Conglomeratschichten begraben sind. Ein grosser Theil der gefundenen

Conglomerate und Sandsteine würde keine Spur thierischen Lebens darbieten; aber dieses würde in den Schiefern und dem festgewordenen Kalkschlamm am häufigsten sein.

Während E. Forbes die Verhältnisse erforschte, unter welchen das organische Leben in dem östlichen Theile des Mittelländischen Meeres existirt, machte Löven Untersuchungen, die zu ähnlichen allgemeinen Folgerungen in Bezug auf die verschiedenen Modificationen führten, welche das organische Leben an der Küste von Norwegen darbietet. Obgleich beide Localitäten sich in so weit gleichen, als die Küsten gröstentheils felsig sind, und tiefes Wasser sich oft nahe an der Küste findet, so herrscht doch ein Unterschied in dem Klima, und darin, dass das östliche Mittelmeer keine Ebbe und Fluth, das Meer bei Norwegen aber einen Hochseecharakter hat. Löven schreibt einen grossen Theil des Charakters des organischen Lebens an der Küste von Norwegen Unterschieden in dem Meeresgrunde zu, berücksichtigt dabei aber immer die Tiefe, und stimmt darin mit Forbes überein.

Während das Leben im Meere sich dergestalt den verschiedenen Tiefenzonen an den Meeresküsten von Norwegen und dem östlichen Theile des Mittelmeeres anpasst, wobei immer sorgfältig die localen und physikalischen Verhältnisse zu beachten sind, so wird es um so interessanter, den directen Beweis für derartige Anpassungen zu besitzen, welche an den grossen und sanften Abhängen stattfinden können, welche manche Küsten begrenzen, wie z. B. die, welche an den östlichen Küsten von Amerika so wichtig sind. Bezüglich dieser grossen sedimentären Einfassungen der Küsten, zu denen man die, wenn auch sehr kleinen Meeresbecken zählen kann, welche sich an den englischen Küsten finden, und deren Flächenraum innerhalb einer Tiefe, die 600 Fuss nicht übersteigt, wie ein Blick auf Fig. 65 zeigt, müssen wir störende Verhältnisse erwarten, die die Verbreitung vieler auf ihnen lebenden organischer Geschöpfe beeinträchtigen. Auch über die Verbreitung des organischen Lebens in den britischen Meeren haben die schon früher begonnenen Untersuchungen von E. Forbes viele Aufschlüsse geliefert. Bei dieser Gelegenheit fand er, wie wichtig für solche Untersuchungen die Beachtung der Wanderkraft der Mollusken ist. Er zeigte, dass sie in ihrem Larvenzustand wandern, und in einer gewissen Periode ihrer Existenz zu leben aufhören, wenn sie nicht günstige Bedingungen für ihre Entwicklung finden, d. h. wenn sie nicht die bestimmte Tiefzone erreichen, in welcher sie als vollkommene Geschöpfe zu leben geeignet sind. Wenn die Larven die Zone und den Boden erreichen, denen das ausgebildete Thier angehört, so entwickeln sie sich und gedeihen; aber wenn die Zeit der Entwicklung kommt, ehe die Larven ihre Bestimmung erreicht haben, so sterben sie und ihre zerbrechlichen Schaalen sinken in die Tiefen des Meeres.

Digitized by Google

Millionen sterben auf diese Weise und jede Handvoll von dem feinen Schlamm, der aus der achten Tiefzone des Weltmeeres heraufgebracht wird, ist wörtlich mit hunderten von diesen Larvenresten von Mollusken angefüllt.

Forbes theilt die britischen Meere in vier Tiefzonen: 1. die Littoralzone; 2. die Zone der Laminarien; 3. die Zone der Korallinen; 4. die Zone der Korallen. Die Littoralzone liegt zwischen dem hohen und niederen Wasserstande und wechselt in Ausdehnung nach dem Steigen und Fallen der Fluth und Ebbe und der Seichtigkeit oder der Tiefe des Ufers. „In den europäischen Meeren ist diese Zone, wenn sie aus Fels besteht, zoologisch durch Arten von *Littorina* charakterisirt, und botanisch durch *Corallina*; wo sie sandig ist, durch gewisse Arten von *Cardium*, *Tellina* und *Solen*; wo kiesig, durch *Mytilus*; wo schlammig, durch *Lutraria* und *Pullastra*.“ Die Littoralzone ist in untergeordneten Zonen theilbar*). Die Zone der Laminarien ist der Gürtel, welcher am niederen Wasserstande anfängt und sich bis zu einer Tiefe von 7 — 15 Faden (42 — 90 Fuss) erstreckt. Algen sind gemein und zahllose Thiere bewohnen die aus ihnen bestehenden Fluren. „Unter den Mollusken sind die Gattungen *Lacuna* und *Rissoa*, *Patella pellucida* und *laevis*, *Pullastra perforans* und *vulgaris*, und verschiedene Arten von *Modiola* besonders charakteristisch für diese Zone und zahlreiche Zoophyten und Radiaten, besonders *Echinus sphaera*, *Tubularia*, *Actinea senilis*, sind hier fruchtbarer als in einer von den anderen Zonen, obgleich sie sich sowohl höher wie tiefer erstrecken. Zuletzt kommt *Nullipora*, die die Meeresvegetation in der Tiefe begrenzt und sich in den brittischen Meeren selten tiefer als 120 Fuss erstreckt. Auch in dem Mittelmeere fand Forbes, wie die *Nullipora* das vegetabilische Leben begrenzt, und sie steigt dort bis zu 420 und 480 Fuss hinab. In Bezug auf die Tiefe, bis zu welcher sich Meerespflanzen erstrecken, bemerkt er, dass dieselben weiter gehen als gewöhnlich angenommen wird, indem man im östlichen Mittelmeere *Codium flabelliforme* bei 30 Faden, *Microdictyon* ebenfalls bei 30 Faden, *Rityphlaea tinctorea* bei 50, *Chrysymenia uvaria* bei 50, *Dictyomenia volubilis* bei 50, *Constantinea reniformis* bei 50 und *Nullipora polymorpha* bei 95 Faden (570 Fuss) findet.

Die Zone der Korallinen heisst so, weil die grösste Zahl horniger Zoophyten, die die Stelle der Pflanzen einzunehmen scheinen, in ihr gefunden wird. Die fleischfressenden Mollusken sind häufig, Arten von *Fusus*, *Pleurotoma* und *Buccinum* sind gemein, und es finden sich viele Arten von *Trochus*; ebenso *Naticae*, *Fissurellae*, *Emarginulae*, *Velutinae*, *Capulus*, *Eulimae*, *Chemnitziae* Arten, und unter den Zweischaalern

*) Ein Verzeichniss der charakteristischen Thiere und Pflanzen der vier Zonen findet man in *Memoirs of the Geological Survey of Great Britain*, Vol. I., p. 373.

Digitized by Google

Artemis, *Venus*, *Astarte*, *Pecten*, *Lima*, *Arca* und *Nucula*. „Gemein sind zahlreiche und eigenthümliche Radiaten, die die grössten und merkwürdigsten Arten enthalten, und in Bezug auf die Menge, Mannigfaltigkeit und das Interesse der Formen des thierischen Lebens in den britischen Meeren übertrifft diese Zone alle anderen." Diese Zone erstreckt sich von ungefähr 90 bis 300 Fuss und ihre grösste Entwicklung ist zwischen 150 und 210 Fuss.

Die vierte Zone ist die der Korallen des tiefen Meeres und ist localer Natur. Der grössere Theil des Flächenraums der britischen Meere erreicht die Tiefe nicht, in welcher diese Zone anfängt. Forbes glaubt, dass dieselbe bis jetzt nur zum Theil untersucht ist. Er sagt, dass sie, so weit wir sie kennen, durch eine Menge der stärkeren Korallen charakterisirt ist, durch die Gegenwart der *Dentalium* ähnlichen Gattung der Anneliden, *Ditrupa* genannt, durch eigenthümliche Mollusken und Echinodermen, wie *Astrophyton* und *Cidaris* und Amorphozoen wie *Tethya cranium*. Alle britischen Brachiopoden bewohnen diese Zone und verbreiten sich wahrscheinlich in ihrer ganzen Ausdehnung. Forbes bemerkt hinsichtlich der Brachiopoden, „dass, wenn man sie in gewissen Localitäten in seichterem Wasser unter den Korallinen findet, Ursache zur Annahme ist, dass ihre Gegenwart durch geologische Veränderungen zu erklären ist, die den Meeresboden betroffen haben."

Diese Beobachtungen werden zu weiteren Untersuchungen auffordern, so dass in keiner sehr fernen Zeit eine werthvolle Masse von Material gesammelt sein wird. Vielleicht erlauben die auf die oben erwähnten localen Untersuchungen gegründeten allgemeinen Ansichten eine allgemeine Anwendung. Wie dies auch sein mag, so werden weitere Thatsachen dieser Art wesentlich die geologischen Schlüsse fördern, welche von der Art des Vorkommens organischer Reste in Gesteinen abgeleitet werden können.

Was die Littoralzone oder diejenige angeht, auf welche das Klima den meisten Einfluss hat, so befinden sich in fluthlosen oder fast fluthlosen Meeren die dieselben bewohnenden Thiere unter Verhältnissen von geringem Wechsel, so weit es das verticale Steigen und Fallen des Wassers angeht; in Meeren mit Fluth und Ebbe verhält es sich verschieden. In den letzteren sind viele Littoral-Mollusken atmosphärischen Einflüssen während verschiedener Epochen ausgesetzt, und zwar die nahe der Hochwassergrenze am längsten, so dass, während dieselben sechs oder acht Stunden auf einmal von Wasser unbedeckt bleiben, die an der Grenze des niedrigsten Wassers dies nur während einer oder zwei Stunden sind, einige nur eine kurze Zeit hindurch während der Springfluthen. Die niedrigsten Ebben lassen auch noch einen Gürtel um das Land, dessen höherer Theil von dem Wasser nur während einiger Tage und dann nur während der Springfluthen bedeckt ist.

Digitized by Google

Während deshalb die Littoralzone zwischen den Wendekreisen keine sehr bedeutenden Temperaturveränderungen im Lauf des Jahres erfahren mag, verändert sich dieses Verhältniss im Allgemeinen nach den beiden Polen hin, wo das Wasser während eines Theils des Jahres längs der Küsten fest wird, und dieselben oft nur theilweise im Sommer frei werden, da hier und da immer noch gelegentlich ein Druck von Eisschollen und grösseren Eismassen stattfindet. In gewissen Zwischengegenden müssen alle Thiere und Pflanzen, welche den Raum zwischen hohem und niederem Wasserstande bewohnen, mit allen seinen Veränderungen, je nach dem Zustande der Ebbe und Fluth zur Ertragung der Extreme bedeutender äusserster Temperaturgrade geeignet sein, damit sie die atmosphärischen Veränderungen ertragen können, denen sie ausgesetzt sind. Die Temperaturunterschiede um Grossbritanien herum, sind ungeachtet des Vortheils seiner Lage hinreichend, um eine Bewegung unter vielen Meeresthieren hervorzurufen, so dass in der wärmeren Jahreszeit manche von ihnen nur dicht am Ufer in den von der Fluth zurückgebliebenen Wasserlachen gesehen werden; andere dagegen so organisirt zu sein scheinen, dass sie eine beträchtliche Temperaturveränderung ertragen können. Wir haben die gemeine Tellermuschel (*Patella vulgaris*) an unseren Küsten bei einer Temperatur von + 33,3° dicht am Fels und von — 4,4° C. sich wohlbefinden gesehen, ein Unterschied von 38°. So weit es deshalb die Temperatur betrifft, könnte diese Molluske in dem Meereswasser bei jeder Tiefe und überall leben, ausgenommen in den oberen Theilen des Meeres während der Wintermonate in der Eiszone. Ihre Organisation ist ohne Zweifel einem Leben an der Küste und den Temperaturveränderungen, die zu den Littoralverhältnissen in solchen Klimaten, wie das der britischen Inseln ist, gehören, angepasst; aber die bedeutenden Veränderungen, die sie in dieser Weise ertragen kann, warnen uns, der Temperatur allein zu viel Gewicht in der Verbreitung des thierischen Lebens im Meere beizulegen. Einmal unter einer mässigen Meerestiefe wirken atmosphärische Einflüsse weniger auf die Wassermasse, und die Anpassung an das specifische Gewicht des Wassers bei verschiedenen Temperaturen ist eine solche, dass sie grosse Einförmigkeit in der Temperatur der tieferen Zonen und kleinere Modificationen in denen darüber hervorbringt, wodurch in wärmeren Gegenden die Temperatur des Meeres unter der der Atmosphäre erhalten, und in den kälteren darüber erhoben wird. Wenn man sich deshalb dem Meeresniveau nähert, müssen im Allgemeinen die die höheren Zonen bewohnenden Thiere so eingerichtet sein, dass sie Veränderungen in der Temperatur des Meeres in den Gegenden ertragen können, wo die Hitze im Sommer einen bemerklichen Einfluss auf das Meerwasser zu haben beginnt.

Verlässt man die Küstenverhältnisse und betrachtet den Ocean jenseits der Tiefen von 200 oder 300 Faden, so haben wir einen gros-

Digitized by Google

sen Flächenraum, auf dessen Boden keine Vegetation mehr vorhanden ist, indem uns die Beobachtungen an Küsten zeigen, dass die nöthigen Bedingungen für ihr Wachsthum in verhältnissmässig sehr geringen Tiefen aufhören. Alle pflanzenfressenden Meeresgeschöpfe darf man dort nicht erwarten, wo sie ihre Nahrung nicht erhalten können, während die fleischfressenden Thiere nothwendig die Fähigkeit haben, sich vertical und horizontal weit über das Wachsthum der Meeresvegetation hinaus zu verbreiten, wenn auch diese Vegetation die Masse von lebendigen Wesen zu ernähren hat, von denen die Fleischfresser leben. Das Sargasso-Meer liefert uns ein Beispiel von einer schwimmenden Vegetation, welche thierisches Leben erhält, und den Aufenthaltsort einer Menge von Seethieren auf dem hohen Meere bildet. Dieses ist indessen eine Ausnahme von der Regel, nach welcher die Meeresvegetation in dem offenen Ocean fehlt, ausgenommen die vereinzelten Algen, die von den Küsten losgerissen durch Strömungen fortgeführt werden.

Es kommen in den oceanischen Tiefen Verhältnisse vor, unter welchen Theile der Ueberbleibsel von Fischen, Crustaceen und Mollusken, welche sich nach der Oberfläche zu finden, erhalten werden können. Obgleich viel verzehrt wird und nur in der Masse des organischen Lebens der Oberfläche überhaupt fortdauert, so wird doch zuweilen ein Stück der härteren Theile der Thiere zu Boden sinken, angenommen, dass das specifische Gewicht dieser Reste ihren Fall durch das Wasser gestattet. Schaalen der *Ianthina communis*, die ein specifisches Gewicht von 2,66 besitzen, und des *Nautilus umbilicatus* mit einem specifischen Gewicht von 2,64, können, nachdem ihre weichen Theile zersetzt oder verzehrt sind und keine Luft sich in dem Inneren der Schaalen befindet, zu jeder Tiefe hinabsteigen, die wir überhaupt in dem Ocean für wahrscheinlich halten, vorausgesetzt, dass sein Salzgehalt sich nicht wesentlich nach der Tiefe ändert, und die Zusammendrückbarkeit des Meerwassers eine solche ist, wie sich nach Versuchen mit süssem Wasser erwarten lässt. Wir werden die Reste von Seethieren über den Meeresboden zerstreut finden, hauptsächlich an gewissen Orten, und mit ihnen die von den Küsten getriebenen Thiere an Algen oder Holzstücken, welche nach ihrer Zersetzung die härteren Theile bis zu grossen Tiefen auf den Boden fallen lassen. Es kann kaum angenommen werden, dass alle von der Teredo angebohrten, oder mit der gemeinen Entenmuschel, *Anatifa striata*, bedeckten Holzstücke ans Ufer getrieben, und dass sie nicht oft so zersetzt werden, dass die härteren Theile dieser Thiere zu Boden sinken. Es wird sich gewiss eine etwas eigenthümliche Mischung der härteren Theile einiger Seethiere in verschiedenen Theilen des Oceans finden, besonders in der Nachbarschaft von Inseln, die sich aus beträchtlichen Tiefen erheben, wie z. B. in der Nähe von Hawaii, Mai und anderen Inseln der Sandwich-Gruppen.

Digitized by Google

Kehren wir zu der Küste zurück, so finden wir mit den Pflanzen das thierische Leben, das sich von ihnen nährt, und zwar von dem der Atmosphäre bei niederem Wasserstande ausgesetzten bis zu dem, das nur durch das Schleppnetz und Fischen bekannt ist. Wer mit felsigen Küsten an Meeren mit Ebbe und Fluth bekannt ist, weiss sehr wohl, welche grosse Masse von Algen in den kleinen Buchten ans Ufer oder auch zu den grösseren Bayen während und nach heftigen Windstürmen getrieben werden kann, die eine Brandung an solchen Küsten verursachen und die Meerespflanzen besonders nahe an der Grenze des niederen Wasserstandes entwurzeln, wo sie während ruhiger Zeiten in Menge entstanden sein können. Oft sieht man den Strand einer sandigen Bucht jenseits einer langen felsigen Küste, die während dem Steigen und Fallen mehrerer Fluthen heftigen Stürmen ausgesetzt ist, so dass durch die Brandung losgerissene Algen durch Wind und Fluth in die Bucht getrieben werden, an vielen Plätzen mit verwirrten Massen dieser Pflanzen bedeckt. Wie sich nach der Art der stattgehabten Kraftäusserungen erwarten lässt, werden diese Anhäufungen von Tangen häufig hoch auf das Ufer und ausser dem Bereich des ruhigen Meeres geworfen. Je nach dem Klima harrt ihrer dort ein verschiedenes Schicksal. In warmen Ländern oder in den Sommermonaten in den gemässigten Zonen werden sie bald zersetzt und ihre nicht in gasförmiger Gestalt fortgeführten Reste vermischen sich mit dem Strande. Bei der Untersuchung von Durchschnitten von sandigen Küsten, als Folge der Wirkung kleiner Bäche oder Ströme, findet man bisweilen unregelmässige Schichten von schwarzer kohliger Materie, als Resultat von Massen von Tangen, die ans Ufer geworfen wurden, mit gewöhnlichem Sand vermischt, und an einigen Orten sieht man Theile von einem aus Geröll bestehenden Ufer mit einer Menge von beigemischten Tangen in einem Zustande vollständiger oder unvollständiger Zersetzung. Man findet auch, wie der leichtere Theil zersetzter Tangen nach tieferen geschützten Orten geführt wird. Seine Einhüllung an solchen Stellen hängt von den Strömungen ab, denen er später ausgesetzt ist, und von der Menge gewöhnlicher Sedimentärsubstanzen, welche sich in dauernder Weise darüber ansammeln. An manchen Orten wird vieler Schlamm sich ansammeln, der von solchem Kohlenstoff schwarz gefärbt ist.

Bisweilen sieht man in diesen losgerissenen und ans Ufer geschleuderten Tangmassen Mollusken, welche darin leben, und ihre härteren Theile bleiben mit dem Sand oder dem Gerölle nach der Zersetzung der Pflanzen vermischt, so dass die Schaalen der an den Felsen lebenden Mollusken mit denen, die im oder auf dem Sand leben, vermischt werden. Die kleine *Patella pellucida* wird sehr häufig an den englischen Küsten ans Ufer geworfen und hängt noch in der Höhlung, die sie sich an der Wurzel einer Fucusart gebildet hat, eine Höhlung, wo-

Digitized by Google

durch die Befestigung der Pflanzen und ihr Widerstand gegen heftige Stürme geschwächt wird. Es ist auch sehr gewöhnlich, Meeresgeschöpfe anderer Art in diesen Massen losgerissener Tangen zu finden; an manchen Küsten sind die Reste von Crustaceen häufig.

Bei steilen Küsten, wo senkrechte oder fast senkrechte Klippen sich plötzlich in tiefes Wasser senken, können Mollusken, die sich von in verschiedener Tiefe wachsenden Meerespflanzen nähren und die selbst je nach ihrer Natur verschiedene Tiefen bewohnen, durch das Meer losgerissen werden. Während die unverletzten ihre Stellung wieder einnehmen können, kommen andere um, und ihre Schaalen werden in Sand, Schlich oder Schlamm mit den Resten anderer auf solchem Grunde lebenden Mollusken vermischt, so dass die Reste von Mollusken des Littorals, des seichten und des tiefen Meeres zusammen in derselben Ablagerung erhalten werden. An solchen Küsten führt auch das Meer die Schaalen der Mollusken fort und in tiefes Wasser. Die Vögel, welche die Thiere aus den Schaalen auspicken, welche sie bei der Ebbe von den Felsen geholt oder die sie von den benachbarten Buchten gebracht haben, wo sie entweder lebend oder eben getödtet auf das Ufer geworfen wurden, verdienen ebenfalls einige Beachtung. Wir haben gesehen, wie der gemeine Austerndieb Tellermuscheln abschlug, und an vorspringenden Theilen von steilen Küsten verzehrte und die Schaalen zurückliess, welche alle durch die Brandung beim Steigen der Fluth in tiefes Wasser geschwemmt werden mussten. Alle diese Umstände muss man bei den steilen Küsten der Welt in Betracht ziehen, wo die Tiefe oft dicht am Ufer viele Faden beträgt, mit hier und da einem vorspringenden Felsen, wo die verschiedenen pflanzlichen und thierischen Meeresorganismen verschiedene am besten für sie geeignete Tiefzonen einnehmen. Das Meer in der Nachbarschaft von manchen Inseln, wo man überall grosse Tiefen findet, wird vielleicht die beste Gelegenheit darbieten, um die Reste von organischen Wesen zu sammeln, welche verschiedene Tiefzonen bewohnen.

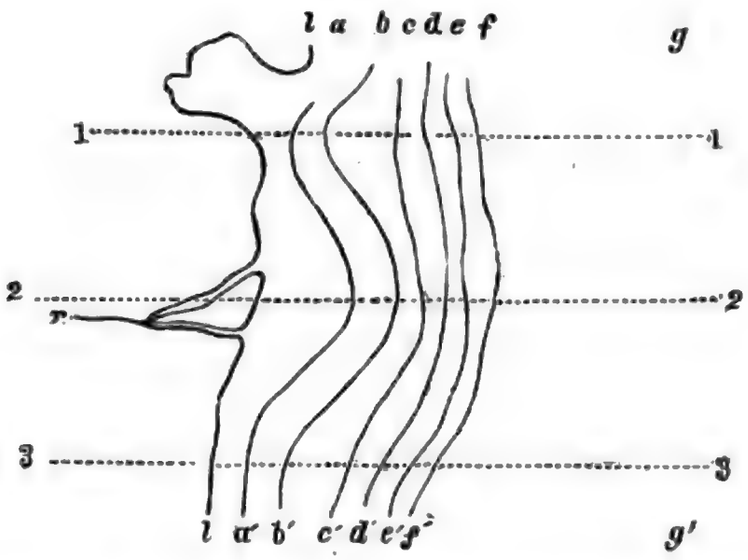
Während die Reste von Meeresgeschöpfen, welche in den verschiedenen Tiefzonen existirten, mit allen den Modificationen, welche von geschützten und ausgesetzten Lagen und anderen Bedingungen abhängen, entweder in der unmittelbaren Nachbarschaft oder in geringer Entfernung an steilen Küsten sich sammeln können, finden wir doch hauptsächlich in Meeren mit Ebbe und Fluth, in den Gürteln von sedimentärer oder chemisch gebildeter Masse um das Land die Erhaltung einer grossen Menge organischer Reste. Die Modificationen der wirklichen Küsten in Bezug auf die Tiefe sind gewöhnlich nur Veränderungen in der Weise, in welcher diese untermeerischen Gürtel sich mit den über dem Meere befindlichen Theilen des festen Landes verbinden. Solche Gürtel sind als ausgedehnte Ebenen an dem Rande des Meeres zu betrachten, wobei hier und da ein vorspringender Fels

Digitized by Google

sich über sie erhebt, und sie haben gewöhnlich eine seichte Neigung bis zu der Tiefe von 600, 1000, 1200 Fuss, worauf sie im Allgemeinen sich schneller zu senken scheinen. So seicht auch die Neigung sein mag, so reichen doch die Tiefenunterschiede, wie bereits bemerkt worden, für die Modificationen des organischen Lebens auf ihr hin, so dass manche Thiere nahe an der Küste leben, andere sich weit aussen im tiefen Wasser halten. Während ein Theil in verschiedenen Tiefen leben kann, existirt eine Masse von lebendigen Wesen, deren Reste einmal weit vom Ufer, und das andere Mal nahe demselben begraben werden, und zwar nicht vermengt, wie es bei steilen Küsten und in tiefen Meeren der Fall ist. Ein Blick auf die Karten von einem grossen Theil der östlichen Seite des amerikanischen Continentes zeigt, wie weit in horizontaler Beziehung solche Massen von Ueberresten getrennt sein können.

Es soll z. B. die folgende Karte (Fig. 69) eine ausgedehnte Küs-

Fig. 69.



stenlinie darstellen, so dass 1, 1, 2, 2 und 3, 3, Breitengrade von hinreichender Entfernung von einander sind, um die Oberflächentemperatur für das organische Leben des Meeres von Wichtigkeit zu machen. *l l* soll eine Küste sein, die sich von Norden nach Süden erstreckt und *f f'* der äussere Rand von einer Tiefenzone, jenseits welcher die Tiefe rascher nach dem Raume *g g'* zunimmt; gleiche Tiefen oder Zonen sind durch die Linien *a a'*, *b b'*, *c c'*, *d d'*, und *e e'* dargestellt.

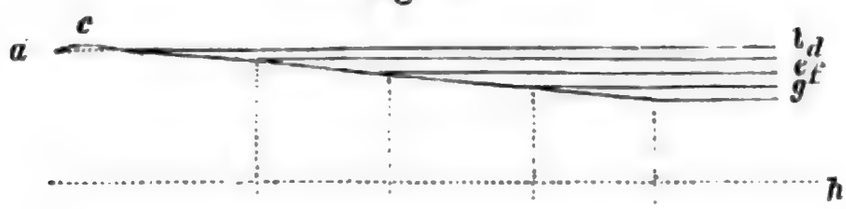
Weiter soll *r* ein grosser Fluss sein, der sich in das Meer ergiesst. Auf einer solchen Fläche haben wir die Bedingungen für das Begrabenwerden der Reste von Wesen, die über dieselbe in gewissen Streifen vertheilt sind, welche mit Tiefen übereinkommen, die sich in Linien parallel mit der Küste ordnen, und wo die Gezeiten und Wogen ihre Wirkung auf das von dem Flusse fortgeschobene oder von ihm in Suspension getragene, oder direct von der Küste herrührende Sediment ausüben. Die Wirkung des Flusswassers, das Meerwasser an der Küste

Digitized by Google

in Brackwasser umzuwandeln, wechselt in Tiefe je nach den Umständen, indem solches Wasser wegen seines verschiedenen specifischen Gewichts über dem Meereswasser fliesst, und nicht viel mit dem letzteren bis zu einer grossen Tiefe gemischt wird, obgleich bei der Ebbe Brackwasser längs des Ufers geführt werden kann, wenn dieselbe diese Richtung nimmt. Verschiedene Witterung wird die Verhältnisse für die Vermischung von süssem und salzigem Wasser modificiren. So werden während heftiger Seewinde und Anschwellungen in den Flüssen, wie sie oft an den westlichen Theilen der britischen Inseln vorkommen, die Verhältnisse für die Vermischung des See- und Flusswassers günstiger sein, als während ruhigem Wetter.

Nehmen wir an, dass die folgende Figur, obgleich in viel grösserem Maassstab, ein Durchschnitt der Karte, Fig. 69, ist, wobei *a b* das

Fig. 70.



Meeresniveau, *c* die Küste und *d e f g* verschiedene Meerestiefen und *h* das plötzliche Abfallen in tiefes Wasser darstellt. In fluthlosen Meeren bleiben diese verschiedenen Tiefen ungestört, ausgenommen durch Bewegungen, die von den durch die Winde verursachten Wogen herrühren, wenn nicht auch Strömungen in solchen Meeren thätig sind. In Meeren mit Ebbe und Fluth würde der Fall in so weit verschieden sein, als das Meer selbst sich während jeder Fluth verändert, was an manchen Küsten viele Fuss beträgt. Mit dieser Niveauveränderung würde jede oben von den Wellen hervorgerufene Bewegung auch mehr oder weniger tief hinabgehen, vorausgesetzt, dass eine gleiche Wellenthätigkeit auf der Oberfläche herrscht. Hierzu kommt, dass die Strömung der Fluth sich auf die Tiefen erstreckt, die sie je nach den Verhältnissen erreicht, und bisweilen kann auch eine Meeresströmung sich einer Küste hinreichend nähern und auf den Boden wirken. Wir haben jetzt zu beachten, dass während die Schaalen von Mollusken oft in dem Schlamm, Schlich oder Sand bleiben können, in welchem die Thiere leben und dort nach ihrer Lebensweise bis zu verschiedener Tiefe eindringen, so dass solche Reste nach ihrem Tode gewöhnlich in der ursprünglichen Lage der Mollusken erhalten werden, zahlreiche andere Schaalen an der Oberfläche bleiben, und äussere Einflüsse, wie auf jede andere unorganische Substanz auf dieselben einwirken.

Die Armirung des Senkbleis, durch welche eine Menge von Muscheln hervorgebracht werden, beweist hinlänglich, dass dieselben auf diese Weise auf dem Grunde zerstreut sind. Ausserdem findet man,

Digitized by Google

dass gewisse Arten bestimmte Theile des Meerbodens an gegebenen Küsten einnehmen. So sind auf den Karten der Küsten der britischen Inseln gewisse Localitäten mit „Hake's Zähne" bezeichnet, was gewöhnlich nichts weiter als eine Menge von Dentaliumschaalen sind, die über gewisse Flächen zerstreut sind. Andere Schaalen kommen in gleicher Weise vor. Während diese über den Meeresboden zerstreuten Muscheln oft entweder die ganzen harten Gehäuse von Einschaalern sind, oder einzelne und unverletzte Klappen von Zweischaalern, sind sie andere Male zerdrückt oder zerbrochen. In dem einen oder in dem anderen Zustand wirken die Fluthströmungen, die bis auf hinreichende Tiefe thätigen Meeresströmungen, oder die bis auf den Boden fortgeleitete Wind- und Wellenwirkung der Oberfläche je nach ihrem specifischen Gewicht, Volumen und Form verschieden auf dieselben ein. In Bezug auf das specifische Gewicht findet zwar eine grosse Mannigfaltigkeit Statt, indem die schwimmenden Mollusken zum Theil wenigstens mit Schaalen von verhältnissmässig geringerem specifischen Gewicht versehen sind, dasselbe ist aber gewöhnlich zwischen 2,67 und 2,85. (*Argonauta tuberculosus* = 2,43, *Nautilus umbilicatus* 2,64, *Janthina communis* 2,66, *Bulla* 2,83, *Strombus gibberulus* 2,83, *Tellina radiata* 2,83. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass man bei weiteren Untersuchungen oft individuelle Unterschiede in derselben Art finden wird. Während die Schaale von *Argonauta tuberculosus* leichter als reine Kreide ist (2,49) und die von *Haliotis tuberculatus* das specifische Gewicht des Carrarischen Marmors hat, besitzt die grössere Zahl eine Aggregation der Theilchen, die sich mehr dem Arragonit nähert.) Bei gleicher Form und gleichem Volumen werden Stückchen oder abgerundete Körner von einem grossen Theile der Meeresmuscheln specifisch schwerer als Quarz und Bergkrystall (2,63 — 2,65), als Feldspath (2,53—2,60), als Albit (2,61 — 2,68) und als Chlorit (2,71) sein, während sie leichter sind wie Glimmer (2,94). Bei allen Scheideprocessen, die durch den auf den Grund fortgepflanzten Wellenschlag oder bei dem Vorwärtstreiben von loser Materie durch Fluth und Meeresströmungen vor sich gehen, muss dieses in Betracht gezogen werden.

Die Formen von Muscheln oder ihrer Fragmente kommen gewöhnlich wenig mit denen des Sediments, mit welchem sie vermischt sind, überein, ausgenommen, wenn sie durch die Wirkung der Brandung auf Küsten zu abgerundeten Körnern zermahlen sind. Wenn wir deshalb die Wasserbewegung um ganze Schaalen oder ihre Bruchstücke in Betracht ziehen, so werden ihre Formen wichtig, und eben so die Art und Weise, auf welche sie irgend einer bewegenden Kraft ausgesetzt sind. So wird dieselbe conische Schnecke einen verschiedenen Widerstand darbieten, je nachdem sie mit ihrer Spitze oder mit ihrer Basis nach der Bewegung des Wassers gerichtet ist, obgleich wir erwarten sollten, dass ein solcher Körper sich bald so drehen würde,

Digitized by Google

dass seine Spitze in die Richtung der Bewegung fällt. Mit der Klappe einer zweischaaligen Muschel würde sich ihr Halt auf dem Grunde von Sand oder Schlich sehr verschieden verhalten, je nachdem sie sich mit dem Rand der Klappe nach unten drehte, oder bloss auf irgend einem Theile ihrer gewölbten Oberfläche ruhte. Wie weit die Klappe einer Schaale auf dem Boden fortgeführt werden kann, ohne umgestürzt zu werden, wird von leicht begreiflichen Verhältnissen abhängen, und in allen Fällen haben wir zu beachten, dass Muscheln oder ihre Bruchstücke mit einem specifischen Gewicht, welches selten 2,83 übersteigt und die oft leicht fortzubringende Formen darbieten, in einem Medium mit einem specifischen Gewicht von 1,027 — 1,028 ohne Schwierigkeit sich fortbewegen.

In Bezug auf den oben, Fig. 69 und 70, gegebenen Grundriss und Durchschnitt muss der Beobachter unterscheiden zwischen den Resten der Mollusken, welche in dem Schlamm, Schlich oder Sand sterben und deren härtere Theile in den Stellungen erhalten werden, in denen sie lebten, und den Resten auf der Oberfläche des Meergrundes. Wie weit diese ihre Stellungen in Bezug auf die Tiefenzonen behalten, die sich für ihre Thiere schicken, wird von den oben erwähnten Umständen abhängen. Im Allgemeinen werden sie in der Tiefe in Bewegung gesetzt werden, in welcher sie die Wirkung der Oberflächenwelle erreichen kann, und sie werden deshalb in seichten Gewässern nach dem Ufer zu bewegt werden, so dass die Reste von Mollusken, die nahe der Küste *bal*, *b′a′l′* (Fig. 69), die in der Tiefe *bd*, *de* (Fig. 70) angehäuft sind, in den rechten Tiefen die Wellenwirkung mit der Fluthströmung vereinigt erleiden, welche im Stande ist, die Schaalen oder ihre Fragmente zu transportiren, und das Bestreben hat, sie nach dem Ufer hin zu bewegen. In der äusseren Zone *ef* (Fig. 69) und in den Tiefen *fg* (Fig. 70) können die Wirkungen der Fluthströmung nicht nur wenig gefühlt werden, sondern es würde auch jede Wirkung des Oberflächenwassers auf den Grund nicht bemerklich sein. Noch weiter draussen in den tiefen Wassern *g* (Fig. 69) oder *h* (Fig. 70) könnte keine Bewegung stattfinden, die hinreichend wäre, den Transport loser Stoffe auf dem Boden selbst durch oceanische Strömungen hervorzubringen. Es können deshalb Bewegungen in dem Wasser sein, welche beträchtliche Mischungen der Reste von Mollusken an seichten Plätzen hervorbringen, die sich selbst bis zum Auswerfen der Schaalen oder ihrer Bruchstücke auf das Ufer erstrecken und zwar aus Tiefen, die von verschiedenen localen Modificationen der oben berührten Ursachen des Transports abhängen.

An vielen offenen Küsten haben wir Anhäufungen von Sanddünen, die dem grössten Theil nach aus zu Sand zerkleinerten Molluskenschaalen bestehen, welche auf das Ufer geworfen und von den Winden, wie gemeiner Sand, hin- und hergetrieben worden. Die westlichen Küsten

Digitized by Google

von Irland, Schottland und einem Theil von England bieten gute Beispiele hiervon dar, und seit uralter Zeit wird dieser Muschelsand als Dünger gebraucht. In Cornwall schätzte Worgan den Fuhrlohn dieses Sandes allein auf 360,000 Fl. im Jahr. Man hat berechnet, dass jährlich von den Küsten von Cornwall und Devonshire 5,600,000 Cubikfuss solchen, hauptsächlich aus zertrümmerten Muscheln bestehenden Sandes geholt und als Mineraldünger in dem Inneren des Landes verbraucht werden. (S. *Report on the Geology of Cornwall, Devon and West Somerset*, 1839, p. 479.)

Das Studium der Art und Weise, auf welche die Schaalen von Mollusken und die härteren Theile der Meeresthiere im Allgemeinen ans Ufer geworfen werden, die Tiefe, aus welcher sie durch die Wirkung der Wogen gegen das Ufer und die Brandung geführt werden, die verschiedenen Anordnungen von ganzen, zerbrochenen oder zerkleinerten Schaalen in Schichten, von ihrer Anhäufung gleich gewöhnlichem Sediment in verschiedenen Tiefen in dem Meere bis zu ihrem Auswurf auf das Land, wird sich reichlich belohnen für die vergleichende Erkenntniss der jetzigen Verbreitung und Anordnung dieser Reste und derer, welche sich in den Versteinerungen führenden Schichten finden. Man sieht dann zuweilen, wie die vorwärtstreibende Richtung der kleineren Bespühlung des Meeres die grösseren Muscheln und ihre Bruchstücke vor sich her an gelegene Orte treibt, dort diejenigen, welche durch die Wirkung der Brandung längs einer Küste verbreitet worden sind, zu einer Masse anhäuft, während man an anderen Orten die Muscheln so fest in die Fugen und Felsklüfte eingezwängt findet, dass sie schwierig zu entfernen sind.

Der Erhärtung von Sand aus zerkleinerten Muscheln ist früher schon gedacht worden, und wir können erwarten, dass derselbe bisweilen merkwürdige Mischungen von organischen Resten einschliesst. Das Gestein, in welchem die Menschenreste von Guadeloupe gefunden werden, gehört hierher. König bemerkte in dem Block im britischen Museum *Millepora miniacea* und Schaalen von *Turbo pica* und *Helix acuta*, und Cuvier erwähnt in dem Exemplar des botanischen Gartens in Paris Muscheln des benachbarten Meeres und Landschnecken, besonders *Bulimus guadaloupensis* (Ferussac). Auch hat man Alligatorzähne, Steinäxte und andere Ueberreste menschlicher Industrie in diesem festgewordenen Sand gefunden.

Korallenriffe und Koralleninseln.

So gross auch die Ablagerungen der härteren Theile von Mollusken in dem Meere oder an seinen Ufern sein mögen, und der dem Meere auf diese Weise entzogene und abgelagerte kohlensaure Kalk

Digitized by Google

muss ausnehmend beträchtlich sein, so bieten doch die Korallenablagerungen der tropischen Meere das merkwürdigste Beispiel dar, wie vermittelst des thierischen Lebens die jetzt vor sich gehenden Bildungen von Mineralmassen vermehrt werden. Seefahrer und Naturforscher haben seit Jahren denselben ihre Aufmerksamkeit gewidmet, so dass wir jetzt sehr viel darüber wissen; namentlich haben Darwin und Dana unsere Kenntniss derselben gefördert, während Chamisso und Forster sich schon viel früher mit ihnen beschäftigten.

In Bezug auf die Verbreitung der Korallen bemerkt Dana, dass die Astraeen, Madreporen und Gemmiporen unter den Caryophyllaceen mit wenigen Ausnahmen auf die Meere der Korallenriffe beschränkt sind, ein Raum, der sich zwischen dem 28. Breitegrade nördlich und südlich vom Aequator erstreckt. Vereinzelt finden sich Korallenriffe indessen auch noch weiter nördlich und südlich als 28°. Darwin bemerkt, dass sie sich bis zu den Bermuda-Inseln in 32° 51′ nördl. Br. erstrecken, die grösste Entfernung vom Aequator, in welcher sie überhaupt vorkommen, und bis zum 30° nördl. Br. in dem rothen Meer; ebenso sind Houtman's Abrolhos an der Westküste von Australien im 29° südl. Br. eine Korallenbildung. Die genannten Korallen bilden den Haupttheil der Riffe und ihr Wachsthum ist bis auf eine Tiefe innerhalb 120 Fuss von der Oberfläche beschränkt. Andere Korallen gehen bis zu weit grösseren Tiefen und in kältere Gegenden. James Ross erhielt auf seiner Reise nach den südlichen Polargegenden in der Nähe von Victoria-Land lebende Korallen aus einer Tiefe von 1620 — 1800 Fuss. Stokes erwähnt eine Art von Primnoa (*lepadifera*) aus 900—1800 Fuss an der Küste von Norwegen, und E. Forbes eine Art derselben Gattung aus einer Tiefe von 1668 Fuss auf der Höhe von Staten-Land. Bezüglich der Verbreitung der Korallen bemerkt Dana, „dass die Caryophylliden sich vom Aequator bis in die kalte Zone erstrecken und einige Arten in einer Tiefe von 200 Faden und mehr vorkommen. Die Alcyonarien haben eine gleich weite Verbreitung, wie die Caryophylliden und reichen wahrscheinlich noch weiter nach den Polen zu. Die Hydroideen verbreiten sich von dem Aequator bis nach den Polargegenden, finden sich aber am häufigsten in den Gewässern der gemässigten Zone.“ Bezüglich der Ursachen der Verbreitung und die ursprünglichen Verbreitungsmittelpunkte, sagt Dana, dass hinreichende Beweise vorhanden sind, dass solche Verbreitungsmittelpunkte bei den Zoophyten wirklich existiren. Die Korallenarten in Westindien sind in vieler Beziehung eigenthümlich und keine einzige Art lässt sich mit Sicherheit mit einer aus Ostindien identificiren. Ebenso eigenthümlich sind die Korallen der inneren Theile des Stillen Meeres. Nur wenige von den Fidschi- Inseln sind identisch mit denen des Indischen Oceans. Nach demselben Beobachter sind von 306 Arten nur 27 Ostindien und dem Stillen Ocean gemein, während nur eine zweifelhafte Spe-

Digitized by Google

cies, die *Meandrina labyrinthica* Ostindien und Westindien zusammen angehört.

Darwin erwähnt die vollständige Abwesenheit von Korallenriffen in gewissen grossen Flächenräumen in den tropischen Meeren. Es finden sich keine Korallenriffe an der Westküste von Südamerika südlich vom Aequator, oder um die Galapagos-Inseln, auch kennt man bis jetzt keine an der Westküste von Amerika nördlich vom Aequator. In dem Stillen Ocean giebt es Inseln, die von Korallenriffen frei sind, auch giebt es keine an der Westküste von Afrika und um die Inseln in dem Golf von Guinea. St. Helena, die Inseln des Grünen Vorgebirges, St. Paul und Fernando Noronha sind ebenfalls ohne solche Riffe. Die Ursachen der häufigen Korallenriffe in gewissen Gegenden und ihre Abwesenheit bei anderen mit scheinbar ähnlichen Verhältnissen, sind bis jetzt noch nicht bekannt, und der Beobachter hat ein weites Feld vor sich zur Ermittlung der für das Leben der Riffe bauenden Korallen nöthigen Bedingungen, welche in solchen scheinbar günstigen Gegenden fehlen, wobei die Möglichkeit der Verbreitung von irgend einem angenommenen Mittelpunkt aus nicht zu vergessen ist.

Wir sehen also bei dem Vorkommen der Korallen im Allgemeinen, dass sie mehr oder weniger über einen sehr grossen submarinen Flächenraum verbreitet sein können, der sich von den Polargegenden bis zu den Aequatorialgegenden erstreckt, dass aber einige sich innerhalb eines Theils dieses allgemeinen Flächenraums und zwar zwischen der Parallele von 28° nördlich und südlich vom Aequator in geringer Tiefe halten und in gewissen Theilen dieses kleineren Flächenraums sich selbst bis zu der Oberfläche des Meeres erheben. Wie gross auch gelegentliche Anhäufungen ihrer härteren Theile unter günstigen Bedingungen an anderen unter dem Wasser des Oceans verborgenen Orten sein mögen, so haben wir in den Massen todter und lebender Korallen, die Inseln und Riffe bilden, hinreichenden Beweis von der geologischen Wichtigkeit dieser Thiere, welche aus ihrer Nahrung und dem sie umgebenden Wasser eine felsbildende Masse erzeugen, auf die unter günstigen Verhältnissen die Brandung und atmosphärische und chemische Einflüsse so wirken können, dass sich festes Land hinreichend hoch über das Meer erhebt, um eine Landvegetation und thierisches Leben zu tragen.

Es scheint, dass die Kalksecretion von Korallen erst nach der letzten Metamorphose des jungen Thieres beginnt, welche stattfindet, wenn es seinen schwimmenden Zustand verlässt und sich irgendwo anheftet*). Bis zu jener Zeit können sich die Jungen durch ihre eigenen

*) Dana bemerkt darüber: „In einer Madrepore wird die Oberfläche zwischen den Zellen durch kleine Punkte von zusammenhängenden Secretionen bedeckt, und dann bildet sich eine Schicht, die durch diese Punkte oder Säulen mit der vorhergehenden verbunden ist. Das Innere wird gewöhn-

Kräfte und die Bewegung der Fluth- und Oceanströmungen nach Orten bewegen, wo sie unter den nöthigen Bedingungen sich festsetzen und als vollkommene Korallen gedeihen können. Unzweifelhaft kommen Myriaden der jüngeren Thiere um, oder werden verzehrt, so dass nur ein Theil den Verlust des alten Stocks durch den Tod ersetzen, die Masse des Korallenlebens an Orten, wo dasselbe früher existirte, vermehren oder neue Colonien bilden kann. Unter allen diesen Umständen, wenn keine sonstige Ursache zur Entfernung der härteren Theile der Korallen nach dem Tode der Polypen vorhanden ist, werden sie sich anhäufen. Stücke von den härteren Theilen können auch durch die Thiere zerstört werden, welche von ihnen leben, oder sich zwischen die lebenden Korallen eingraben, während andere Theile durch die Wirkung des Meeres abgebrochen oder aufgelöst werden können. In dem ersteren Falle wird der Theil, welchen die von den Korallen lebenden Thiere nicht für die Bildung ihrer härteren Theile bedürfen, mit ihren Excrementen in die Nachbarschaft der Korallenriffe ausgeworfen; in dem zweiten werden die von der Brandung losgerissenen Stücke, wie jedes andere Sediment, ebenfalls zwischen die Riffe geworfen, und in dem dritten wird der nicht von den lebenden Korallen oder anderen Thieren für die Bildung ihrer harten Theile verwandte Antheil zwischen die Masse der Riffe abgelagert, vereinigt dieselbe und trägt zu ihrer Festigkeit bei.

Aus den chemischen Untersuchungen von B. Silliman, der zahlreiche Exemplare von Kalkkorallen, die er von Dana erhalten hatte, analysirte, geht hervor, dass kohlensaurer Kalk, nach der Entfernung

---

lich später durch weitere Secretionen beinahe solid. Dasselbe sieht man in den Dendrophyllien und selbst die compacte Art, in welcher es keine Spuren von Zellen giebt, zeigt oft, dass sie in Schichten abgesetzt wurde. Ich habe dieses mit grosser Deutlichkeit in einem halbversteinerten Exemplar gesehen. In manchen Korallen können wir indessen diese Ablagerungen in Schichten nicht entdecken. Dies ist der Fall bei den Astraeen. Die Pocilloporen und einige verwandte Korallen haben Querplatten, die die Zellen inwendig kreuzen, welches unterbrochene Secretionen von dem unteren Theile des Polypen sind, aber keine Schichten hat man in den Räumen zwischen den Zellen entdeckt. Favosites und manche Cyothophylliden liefern Beispiele von ähnlichen unterbrochenen Absonderungen quer durch die Zelle." Unter die Fusssecretionen bemerkt er: „Die Fusssecretionen scheinen ganz unabhängig von den Gewebesecretionen zu sein. Die ersteren sind oft hornig, wenn die letzteren kalkig sind, und wenn sie zusammen vorkommen, so bilden sie trennbare Schichten, die sich einander einhüllen. Die vereinigten Polypen eines Zweiges haben ihre Mäuler jederseit nach auswärts geöffnet, während ihre Basis nach innen gegen eine gemeinsame centrale oder Axenlinie gerichtet ist. Die gleichzeitigen Secretionen der Basen müssen deshalb nothwendig eine feste Axe für den Zweig hervorbringen." Dana *Structure and Classification of Zoophytes. Philadelphia* 1846, p. 58.)

Digitized by Google

der organischen Substanz, 97 — 99 Proc. von der zurückbleibenden Masse bildet; 1 — 3 Proc. bestehen aus Kieselerde, Kalkerde, wahrscheinlich mit der Kieselerde vereinigt, kohlensaurer Magnesia, Fluorcalcium, Fluormagnesium, phosphorsaure Magnesia, Thonerde und Eisen. Die thierische Materie wechselte zwischen 2,11 — 9,43 Proc. Im Ganzen können wir deshalb die von den Korallenpolypen eines Riffes abgesonderte Masse als kohlensauren Kalk betrachten, der mit etwas thierischer Materie, und einem geringen Gehalt von anderen Substanzen gemischt ist, unter denen sich Fluor und Phosphorsäure, aber in sehr wechselnden Mengen, finden.

Wir theilen hier einige Analysen mit, die von Silliman d. J. angestellt wurden. Unter 35 Korallenarten wurden 9 genauer untersucht. Sie waren: 1. *Porites favosa* von den Sandwichs-Inseln, 2. *Madrepora palmatum* von Westindien, 3. *Madrepora spicifera* von Ceylon, 4. *Madrepora prolifera* von den Bermudas, 5. *Madrepora plantagenea* von Ceylon, 6. *Pocillopora ligulata* von den Sandwichs-Inseln, 7. *Meandrina phrygia* von Ceylon, 8. *Astraea Orion* von Ceylon, 9. *Astraea*. Nach Entfernung des kohlensauren Kalkes und der thierischen Materie, gaben diese neun Arten für den Rest der unorganischen Stoffe *).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kieselerde	22,00	12,5	13,50	10,32	23,74	5,35	11,0	30,01	8,70
Kalkerde	13,03	7,5	10,40	15,37	35,01	7,17	25,9	17,45	16,74
Magnesia	7,66	4,2	1,63	39,49	1,35	0,49	0,8	24,57	45,19
Fluorcalcium	7,83	26,34	34,85	7,50	8,88	4,05	15,0	0,85	0,71
Fluormagnesium . . .	12,48	26,62	19,06	2,62	20,44	*4,25	23,2	4,31	2,34
Phosphors.-Magnesia .	2,70	8,00	5,87	0,25	3,46	16,30	4,7	0,32	0,34
Thonerde und Eisen .	16,00	14,84	14,69	25,25	7,12	35,00	19,4	22,49	25,97
Eisenoxyd	18,30	—	—	—	—	27,39	—	—	—

* Phosphorsaure Kalkerde.

Silliman bemerkt, dass gegen Erwartung Fluor in viel grösserer Menge zugegen ist als Phosphorsäure. Die Kieselerde existirt in den Korallen in ihrer löslichen Modification und ist wahrscheinlich mit der Kalkerde vereinigt. Die Magnesia war als eine Verbindung mit Kohlensäure zugegen und wurde als kaustische Magnesia durch das Kalk-

*) S. Dana *Structure and Classification of Zoophytes*, p. 124 — 131. Früher schon hat Forchhammer verschiedene Korallen und Muscheln untersucht, namentlich auf ihren Magnesiagehalt. S. Liebig u. Kopp's Jahresber. 1849. S. 813.

Digitized by Google

wasser niedergeschlagen. Ein kleiner Theil der Kalkerde wurde wahrscheinlich trotz jeder Vorsicht als Carbonat niedergeschlagen.

Da die Jungen der riffebauenden Polypen sich dort ansiedeln, wo sie die nöthigen Existenzbedingungen finden, die nach der Lebensweise und den Bedürfnissen jeder Art verschieden sind, so wird es von Wichtigkeit, zu wissen, worin diese Verschiedenheiten liegen, und wie doch jede Art zum Bau des Riffs beiträgt. Dana und Couthouy sind der Ansicht, dass bei diesen Lebensbedingungen eher die Temperatur als die Tiefe des Meeres das Wachsthum der Korallen beschränkt, und dass die Abwesenheit der Korallenriffe in den östlichen Theilen des Atlantischen und Stillen Meeres auf dem Einfluss von kühlen und aussertropischen Strömungen beruht. Dana beschränkt die Verbreitung riffebauender Korallen auf eine Temperatur von 18° C. und darüber, und Couthouy glaubt, dass sie am besten in Wasser von einer Temperatur zwischen 24 — 27° gedeihen. Darwin's detaillirte Beschreibung von Keeling oder Cocos-Atoll im Indischen Ocean in 12° 5′ südl. Br. giebt eine werthvolle Einsicht in die Art und Weise, wie die verschiedenen riffebauenden Korallen in diesen Meeren verbreitet sind. Als er unter güstigen Umständen den äusseren Rand eines Riffes erreichte, wo die Korallen leben, fand er, dass dieselben fast ganz aus lebenden Poriten bestehen, welche grosse unregelmässige abgerundete Massen von vier bis acht Fuss Breite und etwas geringerer Dicke bildeten. Auf den entferntesten Erhabenheiten, welche er erreichte, und über welchen das Meer mit einiger Heftigkeit brach, waren die Polypen in den oberen Zellen todt, aber drei oder vier Zoll weiter unten lebten sie. In Folge der Hemmung ihres Wachsthums nach oben verbreiten sich die Korallen seitwärts. Weiter auswärts sah man die Poriten alle lebend. Die nächste wichtigste Koralle ist die *Millepora complanata*, die in dicken verticalen Platten wächst und eine starke wabenförmige Masse gewöhnlich von runder Gestalt bildet, wo die Randplatten allein lebend sind. Zwischen diesen Platten und den Klüften des Riffs gedeihen eine Menge Zoophyten und andere Organismen, die durch die Poriten und Milleporen vor der Brandung geschützt werden. Massen von lebenden Korallen, scheinbar denen des Randes ähnlich, erstrecken sich sehr allmälig nach aussen bis zur Tiefe von 60 — 70 Fuss. Die Armatur des Senkbleis brachte innerhalb dieser Tiefe Bruchstücke von *Millepora alcicornis* herauf, und hatte einen Eindruck von einer lebenden Astraea. Unter den durch die Brandung ans Ufer geworfenen Trümmern, waren die Poriten und eine Madrepore, wahrscheinlich *Madrepora corymbosa*, am gemeinsten, und da diese Koralle in den Höhlungen des Gesteins nicht lebend gefunden wird, so schliesst Darwin, dass sie in einer tieferen Zone nach aussen häufig vorkommen muss. Zwischen der Tiefe von 72 — 120 Fuss kam die Armatur des Senkbleis eben so oft mit Sand wie mit Korallen herauf. Un-

Digitized by Google

terhalb 120 Fuss fand sich Sand. Nach der Tiefe von 150 Fuss senkten sich die äusseren Seiten des Riffs unter einem Winkel von 45° Grad ins Meer, dessen Grund mit einer Leine von 7200 Fuss in einer Entfernung von 6600 Fuss von der Brandung nicht erreicht wurde*).

Dicht an dem äusseren Rand des Riffes, wo das Korallenleben aufhört, gedeihen drei Arten von Nulliporen, entweder getrennt oder mit einander vermischt, und bilden durch ihr Wachsthum eine zwei bis drei Fuss dicke Schicht von röthlicher Farbe. Diese Schicht umgürtet das Riff ungefähr 60 Fuss breit, bietet eine zusammenhängende glatte convexe Oberfläche, wenn die Korallen zu einem festen Rand vereinigt sind, und bildet gleichsam einen schützenden Molo. Nach Darwin müssen diese Nulliporen während des grösseren Theils jeder Fluth durch die Brandung benetzt werden, denn man findet sie nicht häufig in den beschützten Höhlungen auf der Rückseite des Riffs, wo sie entweder während der ganzen Fluth oder eine gleiche Zeit hindurch während derselben unter Wasser sind.

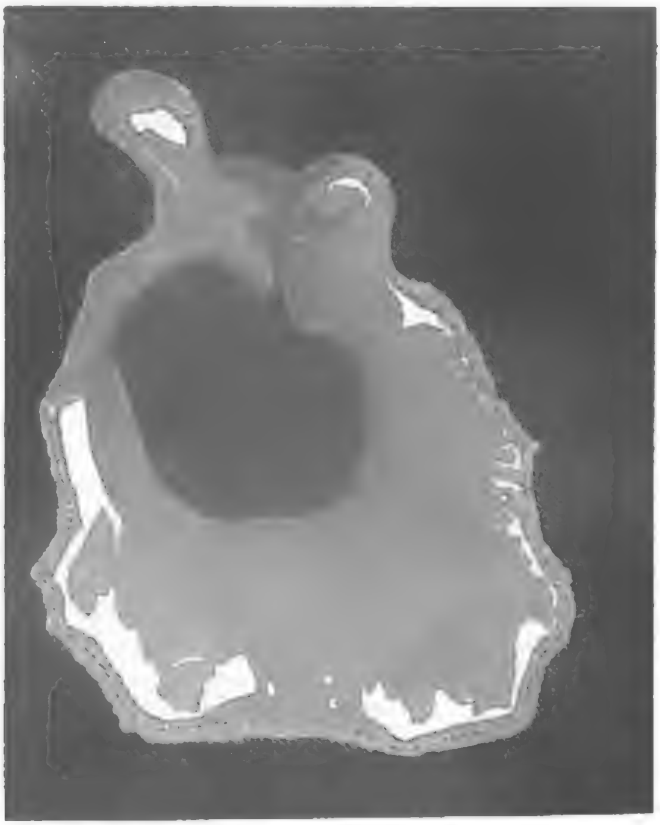
Die Form dieses Atolls sieht man in dem folgenden Grundriss Fig. 71 (s. f. S.). Das Riff ist von zwei offenen Räumen unterbrochen, und durch den einen von diesen können Schiffe passiren; seine Breite wechselt von 800 — 1500 Fuss, es hat eine ebene oder leicht gegen die innere Lagune geneigte Oberfläche, und bei Hochwasser brandet das Meer ganz über die Theile, welche sich nicht als Inseln an seiner Oberfläche erheben. *Pocillopora verrucosa* ist eine gewöhnliche Koralle in den Höhlungen, und ebenso eine Madrepore, die mit *Madre-*

*) Darwin sagt in seinem Werke „*Structure and distribution of coral Reefs*“, dem wichtigsten Werke über diese merkwürdigen Bauten, S. 6—8: „Von 25 Tiefmessungen, die in einer grösseren Tiefe als 20 Faden angestellt wurden, zeigte jede, dass der Grund mit Sand bedeckt war, während in einer geringeren Tiefe als 12 Faden jede Messung einen ausnehmend gezackten und von allen fremden Theilchen freien Grund ergab. Zwei Messungen wurden bei einer Tiefe von 360 Faden und mehrere zwischen 200 und 300 Faden erhalten. Der aus diesen Tiefen heraufgebrachte Sand bestand aus fein zerriebenen Fragmenten von steinigen Zoophyten, aber ohne einen Antheil von einer plattenförmigen Gattung; Muschelfragmente waren selten. In einer Entfernung von 6600 Fuss von der Brandung fand Capitän Fitzroy keinen Grund mit einer Leine von 7200 Fuss, und die untermeerische Neigung dieser Korallenbildung ist darum steiler als die irgend eines vulkanischen Kegels. Vor dem Eingang der Lagune und ebenso an der nördlichen Spitze des Atolls, wo die Strömungen heftig wirken, ist die Neigung in Folge der Sedimentsanhäufung geringer. Da die Armatur des Senkbleis bei allen grösseren Tiefen einen sandigen Grund zeigte, so schloss ich zuerst, dass das Ganze aus einen ungeheuren kegelförmigen Haufen von Kalksand bestände, aber die plötzliche Zunahme der Tiefe an einigen Stellen und der Umstand, dass die Leine, als 500 — 600 Faden ausgelaufen, rein durchgerieben war, deutet auf die wahrscheinliche Anwesenheit untermeerischer Klippen hin.“

Digitized by Google

pora pocillifera nahe verwandt oder mit ihr identisch ist. Wenn die Brandung durch die Bildung eines Eilands nicht ganz über das Riff

Fig. 71.



brechen kann und Canäle und Höhlungen ausgefüllt sind, so wird ein harter glatter Boden gebildet, der nur während der Ebbe unbedeckt und mit wenigen während starker Stürme losgerissenen Bruchstücken bedeckt ist. Die Eilande, welche durch eine Anhäufung von Bruchstücken ungefähr 600 — 900 Fuss von dem äusseren Rande des Riffes gebildet werden, wechseln in Länge von einigen Ellen bis zu einer Stunde, und gewöhnlich beträgt ihre Breite nicht mehr als $^1/_{16}$ Meile. Auf der Windseite des Atolls geschieht das Wachsthum der Inseln durch Bruchstücke, die von der Brandung auf ihre Aussenseite geworfen werden, der höchste auf diese Weise gebildete Theil erhebt sich von 6 — 10 Fuss über die gewöhnliche Fluthgrenze und darauf finden sich oft Hügel von Flugsand, die manchmal bis zu einer Höhe von 30 Fuss ansteigen. Auf der Leeseite des Atolls werfen die durch das Wehen des Windes über die Lagune gebildeten kleinen Wogen Sand und Fragmente von zarten ästigen Korallen aus der Lagune an die inneren Seiten der Inselchen auf, und vergrössern dieselben nach innen. Diese Inseln sind niedriger aber breiter als die nach dem

Digitized by Google

Winde zu. Die Fragmente unter der Oberfläche werden durch das Durchsickern von aufgelöstem Kalk zu einer festen Masse verkittet, so dass sie einen Rücken von zwei bis vier Fuss Höhe bilden, indem die Brandung noch über den gewöhnlichen Hochwasserstand wirkt. Bisweilen finden chemische Veränderungen in den so verkitteten Korallenstückchen Statt, so dass die veränderten Korallen allmälig in einen krystallinischen spathigen Kalkstein übergehen. Bei manchen Stücken kann man selbst mit Hülfe der Loupe die Grenzen zwischen den veränderten Korallen und dem spathigen Kalkstein nicht unterscheiden. Die verkittete Masse ist gewöhnlich von weisser Farbe, hie und da röthlich durch Eisenoxyd, sehr hart und klingt unter dem Hammer, ist in undeutliche Bänke getheilt, die unter einem schwachen Winkel nach dem Meere zu hinfallen.

Die Lagune im Inneren bildet natürlich eine geschützte Lage und wird als viel seichter wie die von Atollen von beträchtlicher Grösse geschildert. Ungefähr der halbe Raum besteht aus Sediment und Schlamm, die andere Hälfte aus Korallenriffen, deren Korallen ganz verschieden von denen an der Aussenseite und von sehr zahlreichen Arten sind. Nach Darwin lebt indessen Meandrina in der Lagune, grosse abgerundete Massen von dieser Koralle sind zahlreich, und liegen ganz oder fast lose am Grunde. Die anderen gemeinsten Arten bestehen aus drei nahe verwandten Arten von Madrepora mit schlanken Zweigen, aus *Seriatopora subulata*, zwei Arten Porites mit cylindrischen Aesten, von denen die eine eine runde Masse bildet, bei welcher nur die äusseren Zweige leben, und endlich einer Koralle, die einer Explanaria gleicht, aber Sternzellen auf beiden Flächen hat, und in dünnen, spröden, steinigen, blätterartigen Ausbreitungen, besonders in den tieferen Becken der Lagunen wächst. Die Riffe, auf welchen diese Korallen wachsen, haben eine sehr unregelmässige Gestalt, sind voller Höhlungen, und haben keine solide flache Oberfläche von todtem Gestein, wie die äusseren; auch können sie diese Härte nicht haben, denn die Einwohner machten mit Brecheisen einen Canal darin. In zehn Jahren, zur Zeit von Darwin's Besuch, war dieser Canal indessen schon fast ganz mit lebenden Korallen wieder zugewachsen. Das Sediment aus dem tiefsten Theil der Lagune war trocken, wie ein sehr feiner Sand, und weiss wie Kreide. Darwin weist darauf hin, dass ein grosser Theil dieses feinen Sedimentes durch die Excremente von Scarusarten und Holothurien geliefert werden kann, die von Korallen leben; grosse Züge von zwei Arten der ersteren, von denen die eine die Lagune bewohnt, während die andere sich aussen hält, nähren sich ganz von Korallen, während Schwärme von verschiedenen Arten von Holothurien die Korallen der Lagunen abweiden. Die Masse der jährlich durch diese verschiedenen Geschöpfe und wahrscheinlich durch andere verzehrten und in Schlamm zermahlenen Korallen muss, nach Darwin, sehr beträcht-

Digitized by Google

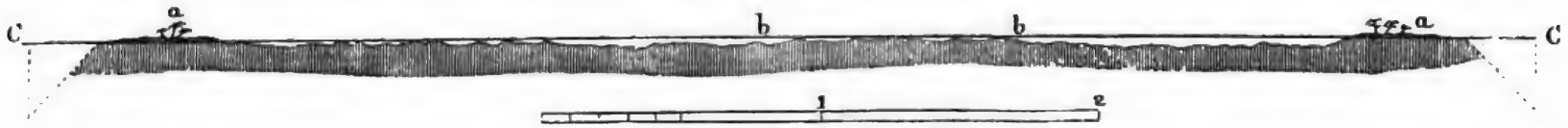
lich sein. Die Fluth strömt durch die Canäle in die Lagune ein und aus ihr heraus, und durch dieselben entfernt sich auch das Wasser, das von der Brandung über das Riff geworfen wird.

Zwei und dreissig Koralleninseln in dem Stillen Meere wurden von Beechey untersucht; sie waren von verschiedener Gestalt und 29 hatten Lagunen in ihrer Mitte. Die trockene Koralle, welche Inseln auf den Riffen bildet, ist selten mehr als zwei Fuss über das Meer erhoben, wenn man das sandige darauf gehäufte Material abzieht, und würde von der Brandung überfluthet sein, wenn der äussere Rand nicht so steil wäre. Beechey fand bei den von ihm gesehenen Inseln kein Beispiel, in welchem der Streifen von todten Korallen von der gewöhnlichen Bespülung des Meeres bis zu der inneren Lagune breiter als $^1/_8$ Meile war, gewöhnlich betrug er nur 900 — 1200 Fuss, jenseits dieser Grenzen, besonders auf der Lagunenseite, wo die Korallen weniger verstümmelt waren, befand sich häufig ein Absatz zwei bis drei Fuss unter Wasser, bei hohem Wasserstand 90 — 150 Fuss breit, darauf fielen die Seiten der Insel rasch ab, scheinbar durch eine Reihenfolge von geneigten Absätzen, die durch zahllose an ihren Knäufen vereinigte Säulen gebildet waren, mit Zwischenräumen zwischen ihnen, in welchen das Senkblei mehrere Faden hinabfiel. (*Narrative of a Voyage to the Pacific and Behring's Straits, etc., in the years* 1825, 26, 27, 28. London 1831.) Die Seiten der Riffe und die Inseln auf ihnen sind auf der Windseite höher als auf der anderen, nicht selten gut bewaldet*), während auf den entgegengesetzten Seiten die Riffe sich zum Theil oder ganz unter Wasser befinden. Die Unterbrechungen oder Eingänge in die Lagunen kommen gewöhnlich auf der Leeseite vor, obgleich sie auch bisweilen an einer Seite gefunden werden, welche in der Richtung des Windes läuft, wie auf der Bow-Insel. Die Spitzen oder Winkel der Inseln steigen weniger steil hinab als die Seiten. Die Lagunen wechseln in Tiefe, bei den besuchten fand man 20 — 28 Faden, obgleich andere viel seichter scheinen. Die beifolgenden Figuren sind Durchschnitte, welche Beechey mitgetheilt hat, und geben eine allgemeine Ansicht dieser Koralleninseln. Fig. 72 ist ein Durchschnitt durch eine Insel, welche etwas über eine deutsche Meile breit ist. *aa* sind trockene Inselchen auf dem Riffe, *bb* ist die Lagune und *cc* der offene Ocean; Fig. 73 ist ein Durchschnitt durch ein Eiland und einen Theil einer Lagune mit der Neigung nach dem Meere hin, *AB* ist der bewohnbare Theil des Eilands; *ab* ist das Wasserniveau, *ah* ist der

*) Collie erwähnt in Bezug auf die Vegetation von Bow-Eiland, dass Pandanus und Pemphis in den geschützten Theilen der Ebene zwischen den Rücken wachsen, dass durch die lockeren, trockenen Steine des ersten Rückens die Wurzeln des Tefano dringen, eines hohen ausgebreiteten Baumes, begleitet von Suriana und Tournefortia, unter deren Schutz Achyranthus und Lepidium am besten gedeihen. Beechey I, S. 248.

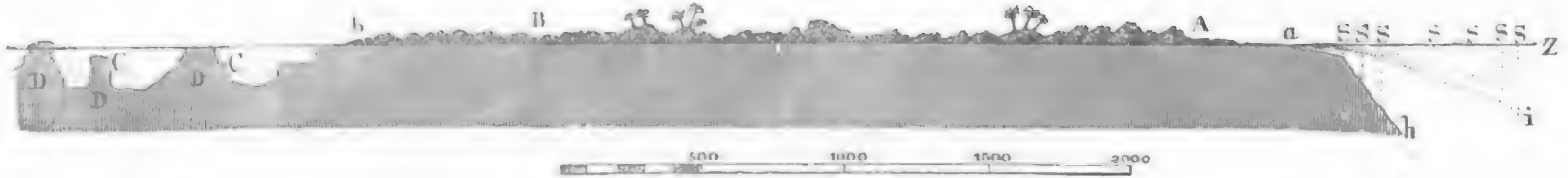
Digitized by Google

Fig. 72.



Maasstab von englischen Meilen.

Fig. 73.



Maasstab von englischen Fussen.

Digitized by Google

allgemeine Abfall nach dem Meere zu gegen die Vorsprünge hin, *ai* der allgemeine Abfall an den Vorsprüngen selbst; *CC* ist ein Theil der Lagune; *DD* sind Korallenhöcker in der Lagune; *Z* ist der Ocean; bei *sss* stiess das Senkblei auch auf Korallen*).

---

*) Beechey giebt eine detaillirtere Beschreibung von der Matilda- und Bow-Insel: „Die Windseite der ersteren ist von hohen Bäumen bedeckt, während die Leeseite fast ganz unter Wasser liegt. Der trockene Theil des Rings, der die Lagune umschliesst, ist ungefähr $^1/_6$ engl. Meile breit, wechselt aber beträchtlich; die breiten Theile haben niedrige Sandhaufen, die durch die Wirkung der Wellen aufgeworfen wurden, aber jetzt ausserhalb ihres Bereichs und meist mit Vegetation bedeckt sind. Die Gewalt der Wogen auf das Ufer, ausgenommen bei niedrigem Wasserstand, treibt das Meer an manchen Stellen in die Lagune und veranlasst einen beständigen Ausfluss durch den Canal nach der Leeseite.

Auf beiden Seiten des Rings fällt der Canal rasch ab; auf der äusseren Seite ist dicht an der Brandung eine Tiefe von 6—10 Faden; die nächste Tiefe ist 30—40 Faden, und nur in geringer Entfernung ist kein Grund bei 250 Faden. An der Seite der Lagune finden sich zwei Absätze; der erste ist bei Hochwasser mit ungefähr 3 Fuss Wasser bedeckt, an seinem Rande fällt das Senkblei 3 Faden bis zu dem nächsten Absatz, der ungefähr 120 Fuss breit ist, dann senkt er sich bis zu ungefähr 5 Faden am Ende und weiterhin senkrecht bis zu 10; hierauf allmälig bis zu 20 Faden, welches die gewöhnliche Tiefe in dem Inneren der Lagune ist. Derselbe ist mit Höckern oder Säulen von Korallen überstreut, welche sich zu allen Höhen zwischen dem Grunde und der Oberfläche erheben (*Voyage*, Vol. I, p. 218).

Bow-Insel ist 30 englische Meilen lang und durchschnittlich 5 englische Meilen breit. Sie ist den anderen Koralleninseln ähnlich und umgiebt mit einem schmalen Korallenring eine geräumige Lagune, ihre Seite nach dem Wind ist höher und mehr bewaldet als die andere, die in der That ausser einigen Gebüschen von Bäumen und Sandhaufen nichts weiter wie ein Riff ist. Das Meer stürzt an mehreren Stellen in die Lagune, aber es giebt keinen Eingang, selbst nicht einmal für ein Boot, ausgenommen den, durch welchen das Schiff einfuhr, der aber bisweilen für Boote gefährlich ist, in Folge der Wasserfälle aus der Lagune besonders kurze Zeit nach dem Eintreten der Fluth.

Der Boden der Lagune ist zum Theil mit einem feinen weissen Sand bedeckt und dick mit Korallenhöckern besäet, deren obere Theile über die unteren hängen, obgleich sie in dieser Gestalt sich nicht von dem Boden erheben, sondern vielmehr von kleinen Hügeln. Wir fanden verhältnissmässig wenige unter der Oberfläche, obgleich es einige giebt; an dem Rande von solchen, welche frei liegen, findet sich gewöhnlich eine Tiefe von sechs bis sieben Faden, weiter entfernt sinkt das Senkblei allmälig bis zu der gewöhnlichen Tiefe von 20 Faden. Die Wasserhöhe in den Lagunen wechselt mit den Gezeiten des Oceans, erleidet aber manche Störungen von den Wogen, welche bisweilen die niederen Theile des benachbarten Landes überschwemmen, so dass weder das Steigen der Fluth, noch die Zeit des Hochwassers mit Sicherheit bestimmt werden kann. Der Streifen niederen Landes, welcher die Lagune umschliesst, ist fast 70 englische Meilen lang und der trockene Theil ist ungefähr $^1/_4$ englische Meile breit. An der inneren Seite, wenige Fuss von dem Rande

Digitized by Google

Eine Ansicht einer in diesem Falle vollständig geschlossenen und zu Land gewordenen Laguneninsel oder eines Atolls giebt das von Beechey mitgetheilte Bild der Pfingsteninsel (Fig. 74) in dem

Fig. 74.

Stillen Meere; ein Beispiel von einer durch einen Korallenring (Wallriff) umschlossenen Insel ist die Insel Bola-Bola (Fig. 75).

Fig. 75.

Während die oben erwähnten Korallenriffe keine Spur von Felsarten zeigen, die nicht durch das Festwerden der haupsächlich kalkigen, von den Polypen abgesonderten oder sonst von ihnen abgeleiteten und chemisch und mechanisch verbreiteten Masse gebildet wären, so um-

---

des Sees, ist eine niedrige Bank, die aus fein zerbröckelten Korallen besteht und an dem äusseren Rande eine viel höhere Bank von grossen Blöcken desselben Materials, die seit Langem aus dem Bereich der Wellen ist und sich allmälig zur Aufnahme von Vegetation vorbereitet. Jenseits dieser hohen Bank ist ein dritter Rücken, ähnlich dem, der die Lagunen umgiebt, und noch weiter nach aussen ebenso wie in der Lagune, senkt sich eine weite Terrasse drei bis vier Fuss unter Wasser, von denen die äussere grosse Massen von zerbrochenen Korallen auf ihrer Oberfläche hat, dem Material für eine äussere Bank, ähnlich der grossen eben beschriebenen." S. 245.

geben andere Riffe Inseln oder Inselgruppen, die von verschiedenen Gesteinen gebildet sind, oder laufen längs den Ufern von Meeren, wie das Rothe Meer, hin, oder auch an Ufern von grossen Landmassen, wie an der Ostküste von Australien. Während die Riffe das Land an einigen Stellen berühren, sind sie an anderen weit von ihnen entfernt, und viele haben das Ansehen von Laguneninseln, wobei Land entweder in einer oder in mehreren Massen sich in der inneren Lagune erhebt. Darwin hat diese verschiedenen Arten des Vorkommens als Atolle oder Laguneninseln, als Wallriffe oder Barrierriffe und als Fransen- oder Uferriffe bezeichnet.

Die folgende Karte, Fig. 76, von der Gambiersgruppe, nach

Fig. 76.

Beechey, mag zur Erläuterung der Wallriffe dienen, und zeigt auch, wie Korallenriffe die inneren Inseln umziehen. Alle inneren Inseln sind steil und zackig und bestehen aus eruptiven Gesteinen: aus poröser basaltischer Lava, Säulenbasalt und einem geschichteten Tuff. Mount Duff auf der grössten Insel erhebt sich bis zu der Höhe von 1248 Fuss. Das äussere Riff auf der Nordost- oder Windseite besitzt Theile, die über dem Spiegel des Meeres liegen und Bäume und andere Pflanzen tragen, während es in der entgegengesetzten Richtung

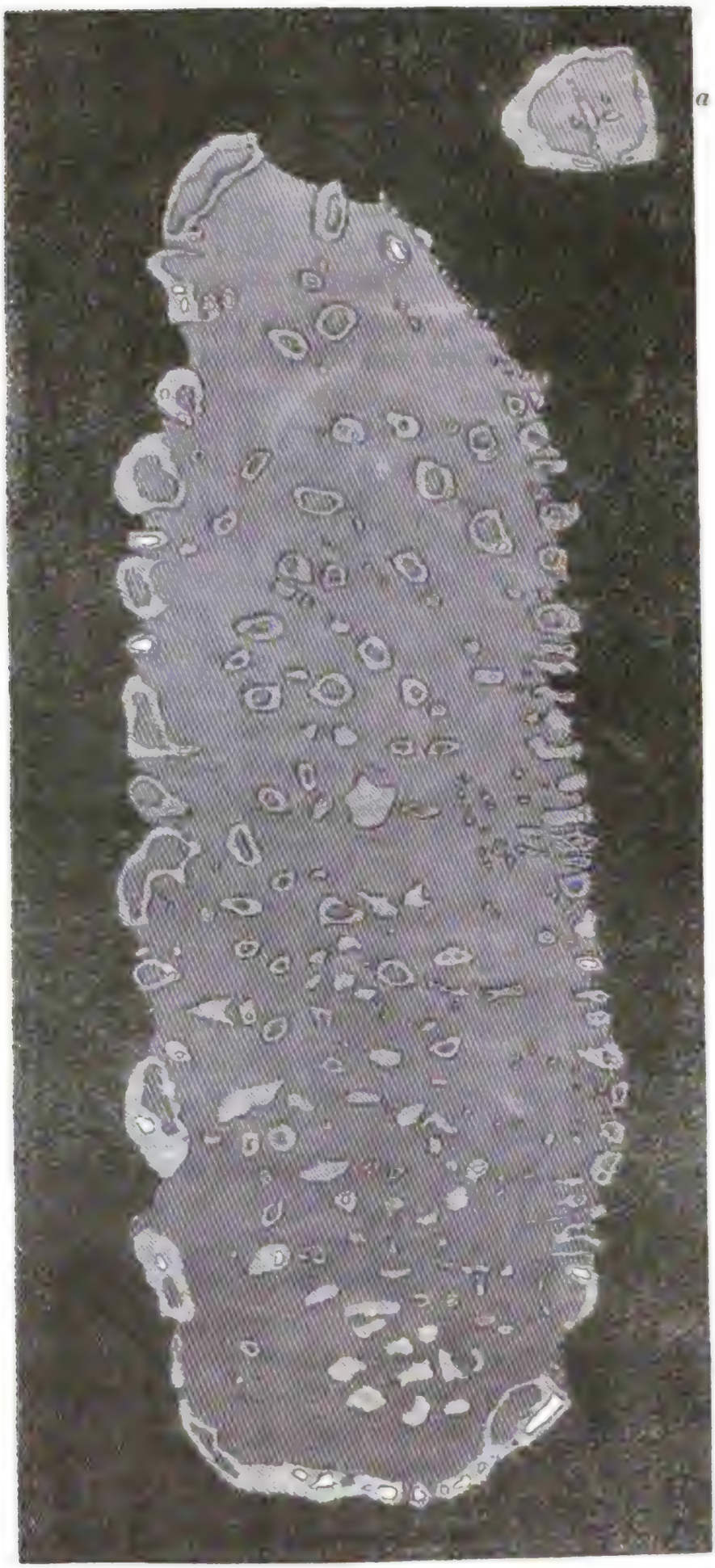
Digitized by Google

30 oder 40 Fuss unter dem Meere ist. Die äussere Seite senkt sich wie gewöhnlich in tiefes Wasser, während die innere allmälig bis zu 120 oder 150 Fuss hinabsteigt. Stellenweise sind Korallen über die Lagune zerstreut und als Fransenriffe mit den aus ihr aufsteigenden steilen Inseln verbunden, auf der grösseren Insel hat das Korallenriff das Wasser so seicht gemacht, dass die grösseren Boote sich nur auf etwa 600 Fuss dem Landungsplatze nähern konnten.

Der beiliegende Grundriss, Fig. 77 (s. f. S.), von Ari-Atoll, einer von den Maldiven-Inseln, nach Moresby und Powel, zeigt eine Modification der Koralleninseln, welche ein eine Lagune umgebendes Riff haben. Hier bildet eine Zahl von Riffen eine äussere Linie und das Innere ist durch eine Anzahl von anderen eingenommen. Viele von diesen sind ringförmig, so dass die ganze Gruppe uns an viele kleinere Atolle erinnert, die sich über eine tafelförmige Fläche erheben, um welche die Seiten sich rasch in die Tiefe senken. Die gewöhnliche Tiefe zwischen diesen Riffen und Inseln, von denen sich einige über das Niveau des Meeres erheben, wechselt von 150 bis 200 Fuss, und in den Becken der ringförmigen gesonderten Riffe von 24 bis 60 Fuss. Nach Moresby wird der innere und tiefste Theil der Lagunen in den Maldiven aus zähem Thon, nahe dem Ufer aus Sand, und in den Canälen des Riffes aus harten Sandbänken, Sandsteinen, Conglomeratentrümmern und einigen lebenden Korallen gebildet, von denen die *Millepora complanata* eine der häufigsten am äusseren Rand ist. Die anderen grossen Inseln der Maldiven oder vielmehr Gruppen von Inselchen und Riffen haben denselben allgemeinen Charakter, während die kleineren, von denen Ross-Atoll, Fig. 77 *a*, dargestellt ist, den Charakter eines gewöhnlichen Atolls haben.

Aus den Beobachtungen von Darwin an einem Theile der Korallenriffe von Mauritius geht hervor, dass der Rand des Riffes aus grossen Massen ästiger Madreporen, hauptsächlich von *Madrepora corymbosa* und *pocillifera*, gebildet ist, gemischt mit einigen anderen Arten. Bis zur Tiefe von 48 Fuss erschien der Korallengrund frei von Sand, aber von dieser Tiefe bis zu 90 Fuss wurde durch die Armatur des Senkbleis etwas Kalksand heraufgebracht, häufiger kam dasselbe indessen rein herauf. Die zwei oben erwähnten Madreporen und zwei Arten von Astraea mit grossen Sternen scheinen die gemeinsten Korallen für diese ganze Tiefe zu sein. Einige Bruchstücke von *Millepora alcicornis* wurden heraufgebracht, und in den tieferen Theilen waren grosse Schichten einer Seriatopora, verwandt aber verschieden von *Seriatopora subulata*. Von 90 — 120 Fuss war der Grund mit wenigen Ausnahmen von Sand bedeckt oder mit Seriatopora bestreut. Von 120 bis 198 Fuss zeigte die Tiefsonde einen sandigen Boden, mit einer Ausnahme bei 180 Fuss, von wo die Armatur mit dem Eindruck vom Rande einer grossen Caryophyllie heraufkam. Auf dem Strande bestanden die abge-

Fig. 77.



rollten Bruchstücke hauptsächlich aus Madrepora und Astraea der geringeren Tiefen, aus einer massigen Porites, wie das von Keeling-Atoll, aus einer Meandrina, *Pocillipora verrucosa*, und aus zahlreichen Bruchstücken von Nullipora.

Das Riff, welches Mauritius umgiebt, zieht sich im Allgemeinen in einer Entfernung von einer ganzen Stunde und selbst weiter von dem Ufer hin, ausgenommen an zwei oder drei Stellen, wo die Küste fast senkrecht ist. Gegenüber jedem Fluss oder Bach ist das Riff wie gewöhnlich eingeschnitten und die Neigung ausserhalb des Riffes wird auch geringer, was mit der Neigung des anstossenden Landes im Verhältniss steht.

Die Insel Bourbon ist auch von Korallenriffen umgeben, die nur an den Mündungen der Flüsse und gegenüber den hauptsächlichsten Schluchten unterbrochen sind. Siau, welcher treffliche Gelegenheit zur Beobachtung dieser Riffe im Jahr 1839 und 1840 hatte, giebt an, dass die Canäle oder Wege durch die Riffe durch die hindurchfliessenden Strömungen des süssen Wassers offen gehalten werden, und dass sie sonst ausgefüllt würden. Sie sollen an Grösse abgenommen haben, in Folge einer verminderten Regenmenge auf der Insel Bourbon in den letzten Jahren. Da diese Canäle wie gewöhnlich an solchen Orten die Zugänge zu den Ankerplätzen hinter den Riffen sind, so werden sie beständig beobachtet, und Siau erwähnt als ein Beispiel von dem schnellen Wachsthum wenigstens einiger riffebauenden Korallen an diesem Orte, dass in einem Canal, dem des Riviere d'Abord, ein Korallenfels aus der Mitte desselben sich vom Boden bis zur Höhe von 29 Fuss in 12 Jahren erhoben hat. Siau giebt einen sehr interessanten Bericht über die Art des Wachsthums der riffebauenden Korallen dieser Insel, wo sich eine Reihe von Korallenbuckeln über einander bildet, mit der Beimischung von Korallen, Sand und Gerölle, in den Zwischenräumen zwischen ihnen bis zu dem Niveau des Meeres, wo die Arbeiten der riffebauenden Korallenpolypen aufhören *).

*) Siau bemerkt, dass „die Arbeiten der Korallenpolypen so mannigfaltig als ihre Arten sind. Einige und zwar die am weitesten verbreiteten setzen sich familienweise auf dem Boden des Meeres fest, auf einem vulkanischen oder anderen Gestein, das von der Wirkung der Wellen nicht getroffen wird. Jede Familie baut einen abgesonderten Höcker (*mamelon*), welcher sich bis zur Höhe von 6—9 Fuss durch die Arbeiten vieler Generationen erhebt. Diese Höcker sind in dem Lande unter dem Namen *pâtes de coraux* bekannt. Der Boden wird in dieser Weise von Höckern bedeckt, welche sich sehr häufig verbinden, berühren oder einander nähern und so bisweilen offene Räume zwischen sich lassen, in welche Korallensand und Korallentrümmer vom Meere geschwemmt werden. Solche Räume heissen *rigoles de sables*.

Auf diese frische Schicht kommen neue Familien und bilden eine andere Schicht. Die letzteren sind von den ersteren unabhängig. Bisweilen ru-

Digitized by Google

Das grosse Barrierriff, welches sich auf der Ostküste von Australien auf ungefähr 275 deutsche Meilen erstreckt, mit einer mittleren Breite von ungefähr 8 Meilen von Breaksea-Spit in 24° 30′ südl. Br. und 153° 20′ östl. L. bis Bristow-Eiland in 9° 15′ südl. Br. und 143° 20′ östl. L. auf der Höhe der Küste von Neu-Guinea, hat einen Flächenraum von ungefähr 8250 Quadratmeilen und ist hauptsächlich mit organischen, mechanischen und chemischen Ablagerungen bedeckt, die von den Absonderungen der Korallenpolypen herrühren. Diese grosse Masse ist nach Norden durch den Einfluss von Flusswasser von dem südöstlichen Theile von Neu-Guinea unterbrochen, welches Sediment mit sich führt und den Grund des benachbarten Meeres mit Schlamm bedeckt. Wo dieses aufhört, finden wir grosse Korallenbildungen bis nach Louisiade und erstrecken sich diese demgemäss noch über viele Hunderte von Quadratmeilen weiter.

Die Aufnahme der Torresstrasse zwischen Australien und Neu-Guinea durch Capitän Blackwood hat unsere Kenntniss des grossen Barrierriffs wesentlich gefördert, namentlich durch die Arbeiten des Naturforschers der Expedition, Beete Jukes*). Er theilt die Korallenbildungen 1. in lineare Riffe (*linear reefs*), die den äusseren Rand oder wirklichen Wall bilden; 2. abgetrennte Riffe, die ausserhalb des Walls liegen; 3. innere Riffe oder die, welche zwischen dem Wall und dem Ufer liegen. Die linearen Riffe werden als lange und schmale beschrieben, die mehr oder weniger der Küste von Australien parallel liegen

---

hen sie ganz auf den ersteren *pâtes*, bisweilen auf den *rigoles*, und bedecken dieselben, bisweilen bedeckt ein isolirtes *pâte* eine ursprüngliche *rigole* vollständig. Die Räume zwischen dieser zweiten Schicht werden auch in *rigoles* verwandelt, indem das Meer Sand und Trümmer einwirft. Ueber dieser zweiten Schicht bauen andere Generationen eine vierte und fünfte und so wird die Masse der zwischen den Wendekreisen so häufigen ungeheuren Riffe gebildet.

Man darf aus der gegebenen Beschreibung nicht schliessen, dass die so gebildeten Schichten eine gleichförmige Dicke haben. Es existiren vielmehr sehr grosse Unterschiede in der Höhe der *pâtes*, und das ganze Riff stellt eine gestaltlose und zertheilte Masse von aufeinandergestellten Hügeln dar, zwischen denen die Zwischenräume mit Sand und Trümmern ausgefüllt und deren zusammenhängenden Theile durch ein Korallencement verbunden sind.

Die Korallen, von denen wir gesprochen haben, sind die gewöhnlichsten und bilden die grosse Masse des Riffs. Die Korallenmasse ist grau, sehr dicht, von feinem Korn und oft härter als Marmor. Die Wellen lösen dieselbe nicht los, und sie ist auch nicht ganz in Säuren löslich. Auf der festen Basis der oben beschriebenen Höcker wächst eine Menge anderer kleiner und zarter Korallen von verschiedenen Arten. Diese zerbrechlichen Korallen allein liefern den weissen Sand und die Trümmer für das Ufer und die *rigoles*, und sie sind auch ganz in Säuren löslich."

*) *Narrative of the Surveying Voyage of H. M. S. Fly, commanded by Captain Blackwood etc. By Beete Jukes, London* 1847.

Digitized by Google

und durch kurze Unterbrechungen oder Eingänge getrennt sind, welche von 600 bis 6000 Fuss an Breite wechseln und von $^1/_8$ — 4 deutsche Meilen lang sind. Nach dem Meere zu haben sie gewöhnlich eine grosse Tiefe, indem das Senkblei mit 100 oder 200 Faden selten einen Grund dicht an den Riffen findet, während die Tiefen nach innen gewöhnlich von 60 bis 120 Fuss wechseln. Die getrennten Riffe kommen nur an einem Orte vor, etwa auf der Höhe von Cap Grenville in Australien, wenn wir die Riffe östlich von dem grossen Barrierriff und östlich von der Torresstrasse ausnehmen, erheben sich ganz aus tiefem Wasser und haben eine mehr oder weniger runde Form und eine Lagune in der Mitte. Die inneren Riffe sind sehr zahlreich und über das Plateau in dem seichten Wasser zwischen den äusseren Riffen und der Küste von Australien zerstreut, und lassen bisweilen einen offenen Canal zwischen sich und dem Lande auf der einen und dem Barrierriff auf der anderen Seite. Sie sind von verschiedener Gestalt, haben bisweilen eine allmälige Neigung rund herum, bisweilen aber steile Abhänge.

Beete Jukes bemerkt, dass man bis zu ungefähr 21° 10′ bei den Swain's-Riffen kaum sagen kann, dass ein wahrer Wall existirt, indem sich dort bloss vor dem Ufer eine seichte Bank findet mit grossen Korallenmassen auf ihr und innerhalb ihrer äusseren Grenze, mit fast ebenso grossen, freien Räumen zwischen den verschiedenen Gruppen der Riffe. Bei den Swain's-Riffen können die einzelnen Riffe an dem äusseren Rande der Gruppe kaum in ihrer Gestalt von denjenigen von innen unterschieden werden, obgleich sie eine etwas linienförmigere Gestalt haben und ihre grösste Länge meistentheils längs der Grenzlinie der Gruppe läuft. Nur an ihrem nördlichen Ende nehmen sie ein charakteristisches Merkmal eines wahren Wallriffs an, dass sie sich nämlich wie eine Mauer aus einem tiefen und unergründlichen Meere erheben. Weiter nördlich werden die Riffe zahlreicher. Wo die gesonderten Riffe gegenüber Cap Grenville vorkommen, befindet sich eine grosse Bucht in dem Wall mit sehr tiefem Wasser, indem eine Tiefleine von 1710 Fuss Länge den Grund an seiner südlichen Seite eine Meile innerhalb der Riffe, die die Bucht bilden, nicht erreichte. Nahe an dieser Bucht erhebt sich Yules-Riff aus einer unbekannten Tiefe von mehr als 100 Faden und scheint eine Lagune in ihrem Inneren zu haben. Das „grosse freie Riff" (*Great Detached Reef*) erhebt sich nördlich von diesem Riff ebenfalls aus einer grossen Tiefe und enthält eine Lagune, die 30 Faden tief ist.

Raine's-Island ist ebenfalls ein anderes freies Riff, das sich mit steilen Seiten, an einer Stelle mit einem Winkel von 55° aus tiefem Wasser erhebt. Grund wurde bei 160 Faden $^1/_4$ Meile nördlich von der Insel und bei 180 Faden $^1/_2$ Meile nordöstlich davon gefunden. Auf der Südseite wurde kein Grund gefunden bis dicht an die Brandung des grossen Barrierriffs, wo feiner Korallensand aus 175 und

Digitized by Google

200 Faden heraufgebracht wurde. Pandora's Eingang durch das grosse Barrierriff findet sich in 11° 10′ nördlich von der tiefen Bucht und den getrennten Riffen, nach welchen das grosse Riff aus langen und eng verbundenen Massen besteht, mit wenigen und kleinen Unterbrechungen 10 Meilen weit. Von 10° 40′ bis zu Flinder's Einfahrt in 9° 40′ Breite bestehen die Riffe aus zahlreichen Stellen, welche untermeerische Thürme oder Zacken bilden, die sich aus einer Tiefe von 90 bis 120 Fuss erheben, indessen immer noch die Richtung des Barriers behaupten, mit tiefem Wasser nach aussen, in welchem kein Grund mit einer 960 Fuss langen Leine gefunden wurde.

Von Cap Weymouth und Restoration-Insel hat sich in Folge der veränderten Richtung der australischen Küste und der Barrierriffe der Unterschied zwischen dem äusseren Riff und dem Hauptland in der Parallele von Cap York, der Nordost-Spitze von Australien, bis auf 20 und 22 Meilen vermehrt. Der ganze zwischenliegende Raum ist nicht untersucht worden, aber Beete Jukes bemerkt, dass dort viele innere Riffe in einer geringen Entfernung vom Lande zu sein scheinen. Zwischen diesen und dem grossen östlichen Wall ist das Meer verhältnissmässig frei davon, viele versunkene Stellen finden sich indessen zerstreut und der Grund ist stellenweise unregelmässig. „Die gewöhnliche Tiefe wechselt zwischen 12 bis 20 Faden, der Grund ist ein grober Sand mit vielen Foraminiferen und freien Korallen und Korallinen, der allmälig in feineren Sand und Detritus übergeht, wenn man sich dem Lande nähert, und von diesem in möglichst feinen ganz kalkigen Schlamm, der dicht am Ufer liegt."

Der äussere Wall endigt am Anchor-Key in 9° 20′ Südbreite, und kein Korallenriff wird weiter gegen die Küste von Neu-Guinea in dieser Richtung gefunden, ausgenommen das Brambleriff, welches andere Felsmassen umgürten soll. Die Karte zeigt Korallensand und Bruchstücke auf dem Grunde in 38 Faden bis zu 54 Faden wachsend, was sich zwölf Meilen ostwärts von dem Bramble-Key erstreckt, während der Grund nördlich, vor der niedrigen Küste, wo sich viel süsses Wasser durch verschiedene Ströme in Neu-Guinea entleert, aus Schlamm und Sand besteht. Oestlich von Flinder's Einfahrt erheben sich die Portlockriffe aus einer Tiefe von 360 bis 400 Fuss, so, dass nördlich wie südlich die Korallen sich aus dem Ocean aus verhältnissmässig seichtem Wasser erheben. Zwischen Cap York und der gegenüberliegenden Küste von Neu-Guinea scheinen an der letzteren ausgedehnte Riffe vorzuherrschen, die sich aus einer Tiefe von 30 bis 70 Fuss erheben und ein beträchtliches Riff verbindet die Warrior-Insel mit Neu-Guinea. Alle inneren Theile der Torresstrasse von Norden nach Süden, zwischen Cap York und Turtle-Back-Insel sind ausgezeichnet wegen ihres fast einförmigen Grundes, der 9 bis 11 Faden tief liegt und aus Sand und Schlamm besteht. In diesem inneren Strich wurden

Digitized by Google

keine Korallenriffe gefunden, ausgenommen schmale Uferriffe und Inseln, die aus anderem Material, wie Porphyr, Granit und Quarzfels, bestehen.

In dem Rothen Meere finden sich viele Korallenriffe, welche die Küsten auf weite Strecken hin einfassen. Ehrenberg und Hemprich untersuchten dieselben an vielen Orten in einer Länge von 60 Stunden und fanden 150 Arten Korallen. Nach Ehrenberg (Ueber die Natur und Bildung der Korallenbänke des Rothen Meeres, Berlin 1834) bilden diese Riffe schwache Krusten auf den Felsen der Küsten von 3—12 Fuss unter der Oberfläche des Meeres, welche sich oft nach aussen neigen. Sie grenzen nicht immer unmittelbar an die Küste, sondern bilden oft in verschiedener Entfernung davon ein schmales paralleles Band. Die Riffe bestehen aus Madrepora, Retepora, Millepora, Astraea, Favia, Caryophyllia, Maeandrina, Pocillipora und Stephanocora, mit Muscheln und den Ueberresten von Fischen u. s. w. gemischt. Nach Ehrenberg ist die Mächtigkeit der von den Korallen gebildeten Schicht nur gering. In Bezug auf die, einige Entfernung von dem Ufer liegenden Bänke und Riffe berichtet Moresby, dass sie weit mehr in die Länge gezogen erscheinen, als sie wirklich sind, wenn richtige Karten entworfen werden. Obgleich viele von diesen Riffen sich zu der Oberfläche erheben, so wird doch die grössere Zahl in Tiefen von 30—180 Fuss gefunden und besteht aus Sand und lebenden Korallen, und die letzteren bedecken den grössten Theil ihrer Oberfläche. Sie laufen oft mit dem Ufer parallel, und sind bisweilen durch Querbänke mit dem Lande verbunden. Tiefes Wasser kommt dicht dabei vor.

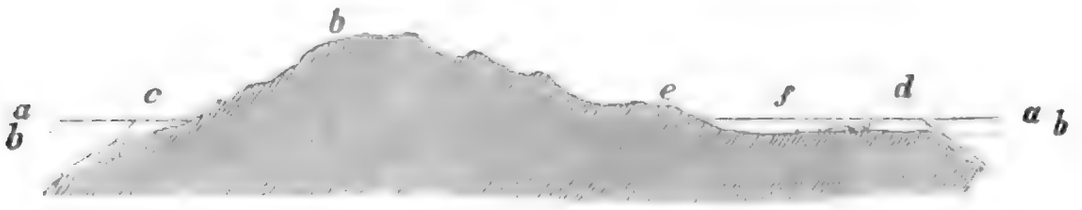
Bezüglich der mannigfaltigen Umstände, unter denen sich Korallenriffe finden, wird man wohl zuerst seine Aufmerksamkeit auf die Art und Weise richten, unter welchen die verschiedenen Arten der Korallen vorkommen. Beete Jukes bemerkt, dass zwar die riffebauenden Korallen uns lebend aus keiner grösseren Tiefe als 20—30 Faden bekannt sind, dass es aber andere uns unbekannte geben möge, die Kalkmassen in grösserer Tiefe bilden. Eine sorgfältige Untersuchung der Korallenriffe, die unzweifelhaft durch geologische Bewegungen über die Oberfläche des Meeres erhoben wurden, hinsichtlich der Arten, welche sich in ihren unteren Theilen finden, ist deshalb sehr wünschenswerth. Es ist wahrscheinlich, dass die Korallen, wie die Mollusken, einen bestimmten Boden vorziehen, oder für diesen eingerichtet sind, entweder von Fels, Sand oder Schlamm in verschiedener mehr oder weniger bedeutender Tiefe, dass dagegen andere nur in seichtem Wasser gefunden werden. Bei dieser Betrachtung können die an der Oberfläche des Meeres lebenden Korallen mit Littoralmollusken verglichen werden, die ihre eigenthümlichen Standorte haben. Während einige für die fast beständige Bewegung der Brandung geeignet scheinen, verlangen an-

Digitized by Google

dere selbst bei geringer Tiefe ruhiges Wasser, so dass bei fast gleicher Tiefe die Korallen, welche die harten Massen des Riffes bilden oder Schutz in seinen Höhlungen und in den etwa vorhandenen Lagunen finden, sich in zwei Classen theilen.

In ihrem frühen und freischwimmenden Zustande können die riffebauenden Korallen sich ansiedeln, wo sich eine hinreichend harte Substanz findet, und so die Grundlage eines Riffes beginnen. Nehmen wir die Küsten, wie sie sich darbieten, so können wir eine Tiefe von 20 oder 30 Faden für die riffebauenden Korallen entweder dicht am Ufer oder in verschiedenen Entfernungen von ihm haben. So können die schwimmenden Keime, wo sie den passenden Boden erreichen, den Bau in verschiedenen Entfernungen von dem Lande beginnen und Riffe von sehr verschiedenen Richtungen um dasselbe oder in seiner Nähe erheben. Ist in dem folgenden Durchschnitt (Fig. 78) *a a* die Oberfläche

Fig. 78.



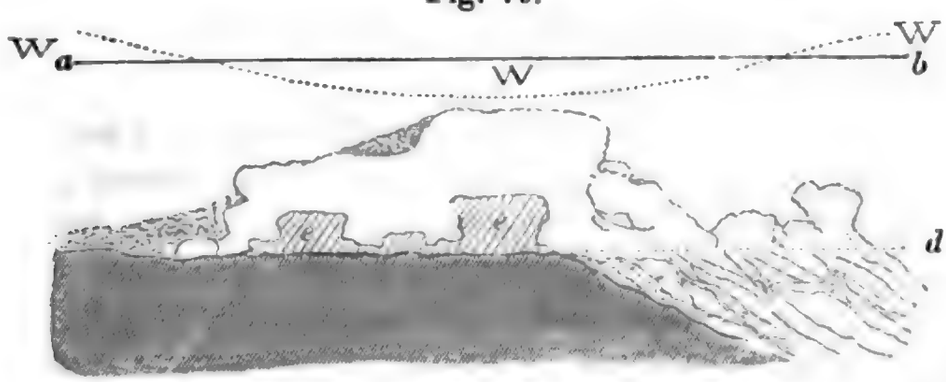
des Meeres um eine Insel, *b b* das Niveau unter dieser Oberfläche, bei welchem die schwimmenden Korallenkeime sich anheften und ihre Arbeiten beginnen, so wird das Riff bei *c* ein Uferriff der Küste bilden, während bei *d* eine Bank erhoben werden kann, die ein Wallriff für die Küste *e* darstellt. Ist einmal eine solche Bank da, so wird der Raum *f* zwischen der Küste *e* und dem Wall *d* für die Korallen geeignet, welche den von dem letzteren gewährten Schutz bedürfen. Die riffebildenden Korallen der Oberfläche gedeihen in dem Schäumen der Brandung entweder darum, weil sie dort am besten sich Nahrung verschaffen können, oder weil daselbst kein günstiger Aufenthalt für die von Korallen sich nährenden Thiere ist, und sie wachsen massenhaft nach aussen. In Bezug auf den ursprünglichen Boden, wenn sich dort in der Tiefe von 120 Fuss eine hinreichende Ruhe vor den Wogen findet, die entweder direct an dem Orte durch Winde entstehen oder als eine Grund- oder oceanische Schwellung aus einer Entfernung übertragen wurden, scheint kein Grund vorhanden, warum die in dieser Tiefe in Lagunen und an anderen geschützten Orten innerhalb der Wallriffe gefundenen Korallen nicht unter solchen Umständen leben und sterben, ausser anderen noch nicht bekannten Korallen. Diese würden eine Grundlage bilden, auf welcher die Korallen des seichteren Wassers und des Littorals, und unter diesen solche, welche der Brandung selbst widerstehen können, ihre Arbeit beginnen. So lange als sich diese in

Digitized by Google

hinreichender Tiefe halten, wird die mechanische Wirkung der Brandung dieselben wenig afficiren, aber sobald sie sich mit dem Riff erheben, kommen sie allmälig unter ihren Einfluss, so dass endlich die Korallenmassen die gleiche Einwirkung erfahren, wie die Felsmassen jeder anderen Küste unter ähnlichen Verhältnissen.

Während die eine Küste bildenden Korallenmassen dergestalt bis zu einem gewissen Grade für die Kraft der gewöhnlichen Brandung geeignet sein können, so wird jede Zunahme in der Kraft der Brandung über die Widerstandsfähigkeit der Korallen hinaus Stücke von den letzteren abbrechen, so dass, wenn während heftiger Windstösse der Widerstand gegen die Kraft sehr ungleich wird, grosse Massen des Riffes losgerissen und über dasselbe nach innen geworfen werden. Dies kann kaum stattfinden, ohne dass auch kleinere Massen übergeworfen oder von den getrennten Massen abgebrochen werden, und die Wirkung ist im Allgemeinen eine solche, dass Fragmente der Korallenmasse nach aussen von dem steilen Abhang fallen, der sich allmälig bildete, als das Korallenriff innerhalb des Bereichs der mechanischen Thätigkeit der Brandung emporstieg. *a b* (Fig. 79) soll die Oberfläche des Meeres in ruhigem Wetter darstellen, ohne

Fig. 79.



Rücksicht auf die Veränderung des Niveaus durch Ebbe und Fluth, *c d* eine Tiefe, bei welcher riffebauende Korallen unter sonst günstigen Umständen sich festsetzen können, und *e e* den Anfang eines Riffes, das nicht so hoch ist, dass es wesentlich die durch die Wellen hervorgerufene mechanische Wirkung fühlt, obgleich jedes weitere Wachsthum des Riffes dasselbe immer mehr unter diesen Einfluss bringt. Wenn durch senkrechte Zunahme in der Korallenmasse, durch eine hinreichende Annäherung an die Welle *W W W* sich eine Brandung bilden konnte, so wird die Zertrümmerung anfangen, wenn der Widerstand der Korallen ungleich im Verhältniss zu der einwirkenden Kraft wird, und der Detritus wird nach allen Richtungen zerstreut, wobei die innere Seite wahrscheinlich nach der Richtung, in welcher die Kraft wirkt, den Haupttheil erhält, während ein anderer Theil auswärts gegen *b d* fällt. Wie die Korallen sich nach der Oberfläche erhoben, wo bei gewöhnlichem Wetter die Zunahme den Verlust durch die Abreibung mehr als aufwog, musste sich das Innere auch mit Korallen ausfüllen, von denen einige des

Digitized by Google

dort gewährten Schutzes bedurften. Nach aussen entfernte die Wirkung der Brandung die kleineren Bruchstücke in mechanischer Suspension und liess die grösseren Blöcke zurück, so dass die Höhlungen zwischen den letzteren mit einem Theil der feineren Stoffe ausgefüllt, der grössere Theil davon aber an die Basis des Riffes geführt wurde, nachdem er durch die stattgehabte Reibung mehr oder weniger in Sand zermahlen war.

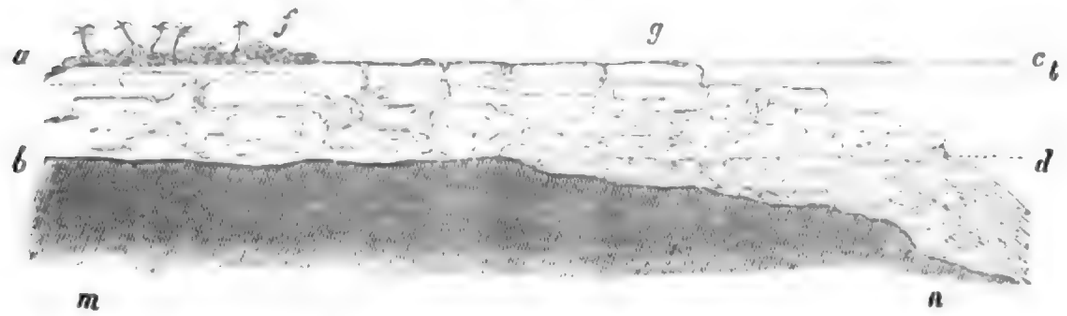
Wenn wir annehmen, dass das Riff so gestiegen ist, dass es die Oberfläche des Meeres berührt, und das Wachsthum der Korallen die Masse noch vermehrte und zwar weiter als die Kraft der Brandung Stücke von den Riffs abzubrechen im Stande war, so wird eine Zeit kommen, wann durch die gewöhnliche Wirkung der Brandung auf Küsten Stücke von verschiedener Grösse mit Korallengeröllen und Sand durch die fortwährende Reibung der Fragmente in der Brandung zu einer Bank auf dem Riff aufgeworfen werden und die Winde Sand hinzuführen. Die Zersetzung der thierischen Masse in den frischeren zerbrochenen Korallenstücken mit irgend welchen in dem Riff festgehaltenen thierischen Stoffen hilft zum Festwerden durch die Erzeugung von Kohlensäure, welche mit Wasser auf den kohlensauren Kalk der Korallen wirken konnte, so dass eine hinreichende Menge davon aufgenommen wird, und er durch spätere Wiederablagerung zwischen die Korallenstücke dieselben wieder cementiren und Conglomerate und Sandsteine bilden kann. War einmal ein trockener Theil über dem Wasser, so folgte die oft beschriebene Vegetation, deren Zersetzung ebenfalls freie Kohlensäure für die weitere Lösung des kohlensauren Kalks lieferte und die Masse darunter weiterhin durch chemische Mittel befestigte. Fasst man die Beimischung der thierischen Stoffe in der Korallenmasse selbst ins Auge, welche in mannigfaltiger Weise in derselben eingehüllt sind, und die durch ihre Zersetzung Kohlensäure liefern, und weiter die Verhältnisse, unter welchen diese Kohlensäure zur Lösung des kohlensauren Kalkes der Korallenpolypen beiträgt, so wird man begreifen, dass oft Umstände eintreten, die das organische Gewebe verwischen und dafür Kalkmasse von einem unorganischen Charakter absetzen.

Je näher das Riff an die Oberfläche rückt, desto grösser wird die Wirkung der Brandung zur Abspülung der oberen Decke während heftiger Windstürme sein, und die Fragmente, sowie die abgerundeten Gerölle, die sich an geeigneten Orten in der gewöhnlichen Zeit durch die blosse Kraft der Brandung gebildet haben, werden nach innen geworfen werden. Es wird von Umständen abhängen, bis zu welchen Entfernungen über den Rand des Riffes hinaus dieses geschieht, wozu das Steigen und Fallen der Fluth und Ebbe sowohl während gewöhnlichem Wetter, wie zur Zeit eines heftigen Orkans gehören. Wenn *ct* (Fig. 80) der Unterschied in dem Niveau der Ebbe und

Digitized by Google

Fluth ist, so ist es klar, dass jede Kraft, welche die Brandungswogen in dem Niveau *ac* haben, mit dem Steigen und Fallen der Fluth ver-

Fig. 80.



ändert wird, und sich alle Theile des Riffes, welche innerhalb der Tiefe *tc* blossgelegt sind, auf und nieder bewegen. Wir haben angenommen, wie in dem Durchschnitt Fig. 79, dass die Korallenthiere in ihrem freien schwimmenden Zustand eine Bank *mon* finden, so dass sie bei dem Niveau *bd* die in Bezug auf Tiefe und andere Dinge für sie passenden Verhältnisse finden. Angenommen, dass sie nicht unter diesem Niveau arbeiten, so würde der Detritus, der sich aussen anhäufte, wie das Riff sich erhob, den tieferen Theil *on* der ursprünglichen Bank durch verschiedene Decken überkleiden, über welche die Korallenpolypen ihre Arbeit seitwärts vorrücken, und so horizontal eine Masse von Detritus bedecken, der je nach der Neigung, in welcher er sich anhäufte, in einem bestimmten Winkel in Schichten getheilt ist. Nimmt man die äussere Zunahme durch Detritus bei irgend einem gegebenen Cubikinhalt, so folgt, dass die Schnelligkeit des seitlichen Vorrückens, über welches die Korallen zu arbeiten geneigt sind, sich nach der geringen Neigung der ursprünglichen Bank richtet, indem steile Böschungen den geringsten Boden bei einem gegebenen Niveau für eine solche Zunahme darbieten. Zum leichteren Verständniss haben wir eine Bank angenommen, wie die, welche sich nahe bei Break-sea Spitze an der Küste von Australien findet, und die früher erwähnt wurde, welche nach Beibehaltung einer gewissen allgemeinen Tiefe und nachdem sie einen abgerundeten Rand darbot, sich in tiefes Wasser senkt.

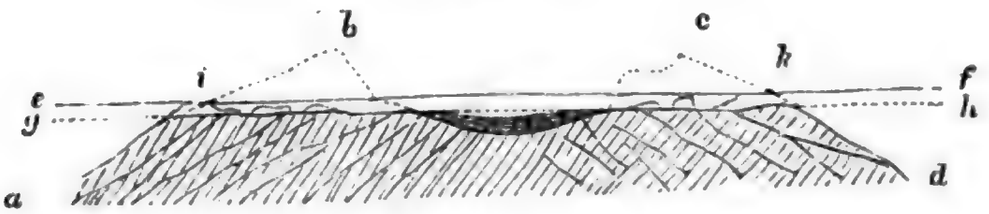
Wir wollen jetzt die Wirkungen betrachten, welche durch vulkanische Thätigkeit in Districten, wo Korallenriffe sich finden, hervorgebracht werden. Wir haben gesehen, dass in unserer Zeit vulkanische Thätigkeit Asche und Rapillen an und über das Meeresniveau in dem Mittelländischen Meere und dem Atlantischen Ocean gebracht hat, dass die so gebildeten Inseln vergänglich gewesen sind, und dass sehr wahrscheinlich das lockere Material, aus welchem sie bestanden, bis zu der Tiefe abgetragen wurde, bei welcher Brandung oder Wellenthätigkeit wirksam waren. Dies musste wenigstens stattfinden, vorausgesetzt, dass kein Sinken von dem Druck des Wassers in den Krater in solcher Weise stattfand, dass die vulkanische Masse erniedrigt wurde, unabhän-

Digitized by Google

gig von einem Sinken aus vulkanischen Ursachen selbst, welche Asche und Rapillen ausser dem Bereich der Brandung und der Wellen führten.

Wenn in der folgenden Skizze (Fig. 81) *a b c d* ein Durchschnitt

Fig. 81.

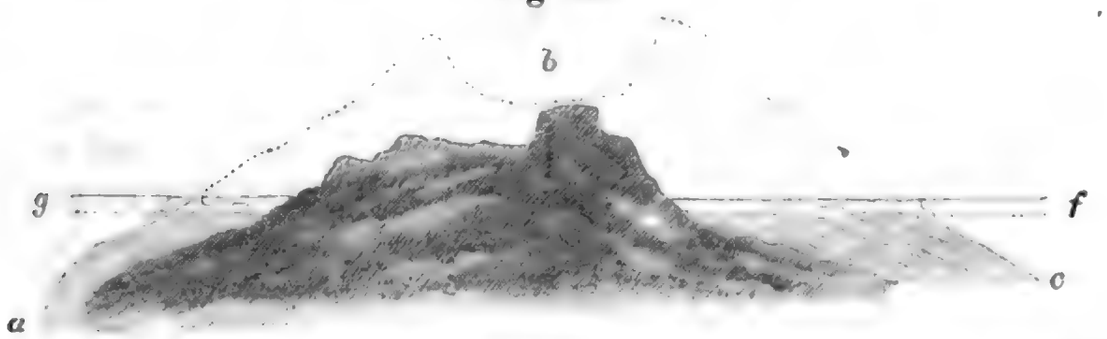


eines vulkanischen Kegels ist, dessen Spitze während irgend eines Ausbruchs über den Spiegel des Meeres *e f* gedrängt wurde, so dass mit dem Aufhören dieser Bedingungen Brandung und Wellenwirkung das lockere Material bis zu dem Niveau *g h* abtrug, bis zu welchem ihr Einfluss sich erstrecken konnte, und wahrscheinlich die Asche und die Rapillen schied, wie bei der Insel Sciacca im Mittelmeer, so dass ein etwas steiniger Boden das Resultat war, so würden wir in den Meeren der Korallenriffe die Bedingungen für die Niederlassung der Keime riffebauender Polypen bei *i* und *k* haben. An diesen Stellen des Durchschnitts werden die riffebauenden Korallen, wie oben erwähnt worden, wachsen, wenn sie hinreichend hoch sich erheben, so dass die Brandung auf sie wirken kann, indem Stücke abgebrochen und theils auf ihre Aussenseite nach *a* und *b* geworfen werden, und die Korallen sich über sie in der früher erwähnten Weise ausbreiteten. Innen wird eine Lagune sein, welche, sobald ein allgemeiner Korallenwall aussen entstanden ist, sich auf die gewöhnliche Weise mit Korallen und anderen Meeresgeschöpfen füllt, für welche die dort vorhandenen geschützten Orte sich eignen. Das Ueberfliessen der Brandungswoge, zusammen mit dem Steigen und Fallen der Fluth, wird einen oder mehrere Kanäle zwischen der Lagune und dem äusseren Meere offen halten, und endlich wird sich eine Landvegetation auf eine Korallenbank festsetzen, die hauptsächlich durch den aufthürmenden Einfluss der Brandung auf das Korallenriff in die Atmosphäre erhoben worden ist. Die Formen solcher Inseln müssen nothwendig sehr von dem horizontalen Durchschnitt der vulkanischen Ablagerung abhängen, nachdem sie durch Brandung und die Wellen abgetragen sind, und es lässt sich erwarten, dass die untermeerischen und steilen Seiten der Masse von Korallensand und Trümmern incrustirt sind, im Verhältniss zur Zeit, während welcher die Korallen sich an einem bestimmten Orte nach auswärts vermehrten, so dass das Senkblei um Korallenriffe und Inseln nichts weiter als Korallentrümmer und die Meeresthiere heraufbringen kann, welche unter den nothwendigen Lebensbedingungen in verschiedenen Tiefen um die Hauptmasse existiren konnten.

Digitized by Google

Da wir hinreichende Beweise haben, dass nicht nur Asche und Rapillen aus vulkanischen Mündungen ausgeworfen wurden, welche bis an und über das Meeresniveau reichten, sondern auch geschmolzene Gesteinsmassen, und das Ganze oft eine beträchtliche Höhe erreichte, wie z. B. die vulkanischen Höhen von Hawaii und anderen von den Sandwich-Inseln, die von tiefem Wasser umgeben sind, so ist es von Interesse, zu wissen, wie sich die Korallenriffe um solche vulkanischen Massen verhalten. In dem folgenden Durchschnitt (Fig. 82) stelle *a b c* die

Fig. 82.



Ueberreste einer vulkanischen Felsmasse dar, welche aus Lava, Asche und Rapillen besteht und welche durch atmosphärische Einflüsse und die Wirkung der Brandung abgetragen wurde, so dass ein Theil des harten Gesteins *b*, einst vielleicht eine Lavasäule in dem Krater eines Vulkans, über dem Spiegel des Meeres hervorsteht, während bei *g* und *f* lose Asche und Rapillen durch die Wirkung der Brandung (wie in Fig. 81) bis auf dieses harte Gestein abgetragen wurden. Wir haben nun die Bedingungen für die Bildung von Riffen bei *f* und *g* unter denselben Umständen, wie sie oben (Fig. 81) erwähnt wurden, mit dem Unterschied, dass statt einer ununterbrochenen Lagune in dem Inneren der Korallenriffe Land aus ihnen hervortaucht, und diese Riffe einen Ring bilden. Zu den gewöhnlichen Ursachen, welche Kanäle offen halten, können bei grösseren Inseln auch noch Süsswasserströme kommen, die, mit Sediment beladen, das Wachsthum der Korallenriffe in der Richtung ihres Ausflusses verhindern.

Es ist wichtig, dass der geologische Beobachter vor allen Dingen seine Aufmerksamkeit auf die Verhältnisse richtet, unter welchen Korallenriffe und Inseln gebildet werden können, entweder als Lagunen-inseln, als Riffe, welche das aus gewöhnlichen sedimentären oder feuergebildeten Gesteinen bestehende Land berühren oder umgürten, oder die auf seichten Stellen und Sandbänken entstehen, welche sich vor beträchtlichen Küstenlinien hinziehen. Es ist eben so interessant, die Art und Weise zu betrachten, auf welche eine Masse von Korallen zusammengesetzt ist, nach einem Zeitraume, der hinreichend ist, um das Ausfüllen der Lagunen zu vollenden, mit oder ohne das Vortreten von festem, aus gewöhnlichen Felsmassen bestehendem Land durch die Lagunen, oder wie der Raum zwischen einer äusseren Kette von Korallen-

Digitized by Google

riffen und einer beträchtlichen Küstenlinie, wie die in einem Theile des östlichen Australiens, ausgefüllt wird.

Was die Höhe angeht, bis zu welcher die Korallen sich erheben, so fand Beete Jukes lebende Korallenpolypen sechs bis acht Zoll aus dem Wasser, und sie blieben in der Weise fast während einer Stunde bis zur Rückkehr der Fluth. Er beobachtete dieses mehrmals und glaubt, dass das Ausgesetztsein an der Sonne und der Luft nicht viele Polypen tödtet, so lange die Korallen wachsen und die Zellen ihre Feuchtigkeit erhalten. Er hat Blöcke von lebenden Astraeen gesehen, deren Spitzen 18 Zoll über Wasser waren. Dies zeigt, dass wir das gewöhnliche Niveau der Fluth als das betrachten können, bis zu welchem die riffebauenden Korallenpolypen unter günstigen Umständen arbeiten können, und dass es eine Masse von Material geben kann, welches mit der Linie eines Hauptriffes um eine nur Lagunen umschliessende ringförmige Insel übereinkommt, oder vor einer langen Küstenlinie sich hinzieht, welche von oben bis zu den anderen Substanzen, auf welchen das Riff ruht, hauptsächlich durch das Wachsthum der Korallen auf einander gebildet sein kann, obgleich dasselbe mit den harten Ueberresten der Meeresthiere, die die Höhlen zwischen den Korallen bewohnen, oder mit dem zwischen die Höhlen der sich erhebenden Masse eingeführten Schutt gemischt sein kann.

Bis zu welcher Ausdehnung auch die Keime von Korallenpolypen sich auf irgend einer Fläche unter dem Meeresspiegel, die für ihre Entwicklung sich eignet, niederlassen, so werden sich die Verhältnisse mit der Erhebung des Riffes hinter dem allmälig vor dem Rollen der Wellen und ihrer Wirkung auf dem Boden gebotenen Schutz ändern, so dass, während Sand und durch die Brandung abgebrochene Korallentrümmer sich, wie früher erwähnt, nach aussen ordnen, wobei die riffebauenden Polypen über diesen Schutt arbeiten, eine sehr complicirte Reihe von Ablagerungen und Korallenbildungen nach innen entstehen wird. In dem Falle von Laguneninseln, die aus Korallen bestehen, wird es endlich Kalkplateaux von sehr verschiedenen Flächenraum geben, einige viele Quadratmeilen gross, die von gleichem Niveau und in solchen Gegenden, wie die Gruppen der Koralleninseln in dem Stillen Ocean, durch unregelmässige Zwischenräume von tiefem Wasser getrennt sind. Diese isolirte Fläche, aus einem im Allgemeinen gleichartigen Materiale, wird bis zu einem gewissen Grade geschichtet sein, obgleich Korallenstöcke die Masse in verschiedenen Richtungen durchsetzen, die Schichten werden aus Lagen von Korallensand und Schlamm zusammengesetzt sein, wie diese sich allmälig anhäuften, vermischt mit den Schaalen von Mollusken, den Stacheln und Kalkdecken der Echinodermen, den harten Resten von Fischen, möglicher Weise auch denen von gewissen Vögeln und Schildkröten, selbst die Eier der letzteren können in den höheren Sandbänken enthalten sein. Aussen werden

Digitized by Google

sich ebenfalls Ablagerungen von Kalkschlamm finden, und zwar in Tiefen, wo derselbe sich ungestört ansammeln konnte; ein Kalkschlamm, der während der Ebbe durch den offenen Kanal fortfliesst, oder wenn heftige Stürme einen Ueberfluss von Wasser über die Wetterseite des einschliessenden ringförmigen Riffes getrieben hatten. Dieser Schlamm kann sich durch Fluthströmungen und Strömungen des Meeres weit verbreiten, und so eine Art Verbindung durch Einhüllung des unebenen Meeresbodens zwischen den Korallenplateaux darstellen.

Bei Riffen, die mehr oder weniger Inseln von verschiedener Grösse und aus den gewöhnlichen sedimentären oder eruptiven Gesteinen bestehend umgeben, wird eine Modification der Ablagerungen innerhalb des Riffes statthaben, so weit es die Zuführung der durch atmosphärische Einflüsse zersetzten Gesteine und des gewöhnlichen Detritus von solchen Inseln betrifft. Man darf dort die Reste eines bedeutenden und mannigfaltigen, pflanzlichen und thierischen Lebens des Landes erwarten, sowie auch unter günstigen Umständen die Gegenwart härterer Theile von Geschöpfen des süssen Wassers. Wo sie mit den einfachen Lagunenriffen zusammen vorkommen, wird es entsprechende Modificationen der inneren Ablagerungen bei demselben allgemeinen Niveau geben.

Was die Ablagerungen über so viele hunderte von Quadratmeilen innerhalb des grossen Barrierriffs an der Ostküste von Australien angeht, so wird sich dort eine grosse Ablagerung finden, die im Ganzen einen gewissen allgemeinen Charakter hat. An diesem Küstenstrich entleert sich sehr wenig süsses Wasser ins Meer, ja dieser Ausfluss ist sogar unter gewöhnlichen Umständen ausnehmend mangelhaft. Klare oder mit Sediment beladene Ströme und Bäche von süssem Wasser üben deshalb auf das Wachsthum der Korallenpolypen und das ihnen vergesellschaftete Leben keinen wesentlichen Einfluss aus. Nach dem Meere zu herrschen dieselben Verhältnisse wie an den äusseren Theilen der Lagunenriffe auf 250 deutsche Meilen; der südliche Theil erstreckt sich über den Bereich der nothwendigen Bedingungen hinaus, die für die Entwicklung der Keime der riffebauenden Korallen nöthig sind, und ruht auf Bänken von gewöhnlichem Quarzsand, während der nördliche Theil durch den Einfluss von Flusswasser begrenzt wird, welches Schlamm von Neu-Guinea bringt, wodurch dieselben Keime ebenfalls am Festsetzen gehindert werden, obgleich die Verhältnisse sonst für ihre Entwicklung passend sind; denn über den Einfluss des Flusswassers hinaus nach Norden zu finden sich wieder Korallenriffe.

Innerhalb dieser langen Kette von äusseren Riffen finden Ablagerungen wie in den gewöhnlichen isolirten Lagunenriffen Statt, bis man sich der Hauptküstenlinie nähert, wo sich, obgleich in einem grösseren Maassstabe, Modificationen der Art erwarten lassen, wie man sie um die aus gewöhnlichen Gesteinen bestehenden Inseln innerhalb einschlies-

Digitized by Google

sender ringförmiger Riffe findet. Nach Beete Jukes ist der grüne Schlamm auf der Höhe von Direction-Cap an der Ostküste von Australien ganz kalkig. Da eine so kleine Menge von süssem Wasser von dem Lande kommt, so wird verhältnissmässig wenig Detritus aus dem Inneren ins Meer geführt, so dass das kalkige Sediment, welches direct von den Riffen herrührt und durch die Reibung der Brandung feiner zermahlen, oder durch die sich von Korallen nährenden Polypen gegangen ist, leicht durch die vorherrschende Richtung der Wellen gegen das Land getrieben wird. Dort mischt es sich mehr an der Küste mit dem Sediment, das durch die Wirkung der Brandung von der Küste kommt, wenn dieselbe auch durch den von den äusseren Riffen gewährten Schutz modificirt ist, oder das durch die Ueberschwemmungen der Flüsse in die an der Küste vorherrschenden Strömungen geführt wird. Im Ganzen dürfen wir einen grossen Zusammenhang in einigen Ablagerungen, namentlich in den feinsten in vielen Theilen des grossen Flächenraums erwarten, der zwischen der Küste und den äusseren grossen Wallriffen liegt, in dem eine Masse von Mollusken, Radiaten und Schichten gewisser Korallen mit den härteren Theilen von Fischen und Crustaceen begraben werden. Nahe am Lande, besonders wo Mangrovewälder vorherrschen, wird es Modificationen dieser zusammenhängenden Ablagerungen geben, die im Ganzen eine grosse, mehr oder weniger geschichtete Masse darstellen, welche hier und da, besonders gegen die äusseren Wallriffe, mit Korallen in Riffen, dem von ihnen herrührenden Detritus, den härteren Theilen anderer in ihnen lebenden Meeresthieren gemischt sind und Structurveränderungen zeigen, die auf chemischem Wege hervorgebracht sind.

Schichtung oder eine Annäherung dazu ist nicht auf den Korallensand und Schlamm, sowie die Lagen der mit ihnen vermischten organischen Reste beschränkt, denn man sieht oft auch in der Masse der Riffe eine Tendenz, in Platten zu spalten. Beete Jukes erwähnt eines solchen Vorkommens in Heron-Insel, einem Theil der ostaustralischen Korallenbildung, und es finden sich auch dort Kluftflächen parallel mit dem Einfallen, welches in einem Winkel von 8^0—10^0 nach dem Meere zu stattfindet, und mit dem Streichen, wodurch der Korallenfells in Blöcke von 1 — 2 Fuss Länge getheilt wird.

Hat man Korallenriffe und Koralleninseln in Bezug auf ihre Oertlichkeiten und ihr jetziges Vorkommen in einem gewissen Niveau unter der Oberfläche des Meeres betrachtet, hat man in Gedanken die jetzigen Küsten von Europa mit allen ihren Modificationen in Bezug auf Form und Wassertiefe, mit ihrer Abnahme durch die Wirkung der Brandung, mit ihren Wasserabflüssen aus dem Inneren des Landes und selbst den vulkanischen Untiefen, die in dem Mittelländischen Meere gefunden werden, auf Gegenden übertragen, wo die Keime riffebauender Korallen sich niederlassen und entwickeln können, so richte man seine Aufmerk-

Digitized by Google

samkeit auf die Folgen, welche irgend eine Veränderung des relativen Niveaus von Meer und Land sowohl in grossem wie in kleinem Maassstabe herbeiführen würde, wie sie häufig in der Geschichte der Erdrinde stattgefunden haben und die später betrachtet werden sollen.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass Korallenbänke und Riffe ähnlich denen in den Meeren unserer Zeit und in den Regionen der Korallenriffe über die Oberfläche des Meeres gleich anderen Meeresniederschlägen erhoben worden sind und festes Land bilden. Man kennt dieselben schon lange. Quoy und Gaimard, die Begleiter der Expedition von Freycinet, bemerkten die geringe Tiefe, zu welcher sich die riffebauenden Korallen erstrecken *), und erwähnen, dass an den Küsten von Timor Korallenbänke so über dem Meeresspiegel vorkommen, dass Peron glaubte, das ganze Land sei aus ihnen gebildet **). In Oahu und anderen Orten in den Sandwich-Inseln kennt man seit Langem Korallenbänke, die sich ins Land erstrecken, und neuere Untersuchungen haben diese Beobachtungen bestätigt. Couthouy giebt eine Nachricht von alten Riffen auf den Inseln Maui, Morokai, Oahu und Tauai, die jetzt über das Meer erhoben sind. Auch in Jamaika kommen erhobene Korallenriffe an einigen Stellen der Küste vor ***). Elisabeth-Insel, an der östlichen Seite des Niederen Archipels, zwischen Ducie und Pitcairn-Insel, ist nach Beechey's Beschreibung ein schönes Beispiel von einer erhobenen Koralleninsel, und ihr flacher Gipfel ist 80 Fuss über dem Meere. Darwin hat †) von dem Missionair J. Williams, Martens von Sydney und G. Bennett, von anderen Reisenden und Schriftstellern, eine Menge von Nachrichten gesammelt, aus denen hervorgeht, dass Korallenbänke zu verschiedenen Höhen über das Niveau des Meeres erhoben wurden auf den Cooks- und Austral-Inseln, Savage-Insel, den Freundschafts- und Schiffer-Inseln, den neuen Hebriden, Neu-Irland, den Mariannen, dem Ostindischen Archipel, den Lutschu-Inseln, Ceylon, Mauritius, Madagascar, einem Theil der Ostküste von Afrika, dem Rothen Meer, und dem Westindischen Archipel. Dieses Verzeichniss begreift in der That Beispiele aus allen Meeren, in denen Koralleninseln und Riffe erwähnt werden, und lässt nicht bezweifeln, dass seitdem Korallenriffe und Inseln in geeigneten Meeren gebildet wurden, wie sie es jetzt werden, viele davon über den Spiegel des Meeres in die Atmosphäre erhoben worden sind.

Lafu-Insel, zu der Loyalty-Gruppe gehörig, ist nach M. B.

---

*) S. *Quoy et Gaimard, Sur l'Accroissement des Polypes Lithophytes considéré géologiquement, Annales des Sciences Naturelles*, Tom VI.

**) Etwas weiter im Lande fanden Quoy und Gaimard diese Korallenbänke auf senkrechten Schieferschichten ruhen.

***) *De la Beche, Geological Manual*, 3. Ausgabe, 1833, p. 165.

†) *Structure and Distribution of Coral Reefs*, p. 132 — 137.

Digitized by Google

Clarke *) ebenfalls eine erhobene Koralleninsel. Sie hat ungefähr 21 Meilen im Umfang und ist von einem Fransenriff umgeben, auf dem die Tiefe nach aussen auf etwa $^1/_{16}$ Meile allmälig zunimmt, worauf das Riff sich in tiefes Wasser senkt. Die ganze Insel besteht aus abgestorbenen Korallen. Ihre durchschnittliche Höhe über dem Meere ist ungefähr 120 Fuss und sie erlangt an einigen Stellen der Ostseite eine Höhe von 250 Fuss. Es findet sich ein Absatz oder eine Terrasse gleich der, welche jetzt die Insel umgiebt, bei 70 oder 80 Fuss über dem Meere. Die Oberfläche ist Tafelland mit Vertiefungen und Erhöhungen, gerade wie die, welche ein Korallenriff charakterisiren. Clarke schliesst, dass diese Insel in zwei verschiedenen Epochen erhoben wurde, in der ersten bis zu einer Höhe von 170 Fuss, in der zweiten bis zu 80 weiteren Fuss.

Bei der Betrachtung der Erhebung von Korallenriffen über das Meeresniveau muss man auch die Theile des Meeresbodens beachten, welche auf demselben Wege auf eine solche Entfernung von der Oberfläche gebracht werden können, dass die Keime der verschiedenen Korallenpolypen; welche zu dem Bau eines Riffes beitragen, die nöthigen Existenzbedingungen finden. Man hat ins Auge zu fassen, dass Ungleichheiten des Meeresbodens eben sowohl in der Korallenregion, wie anderwärts stattfinden; in der That lässt uns der eruptive Charakter vieler Inseln zwischen den Tropen, besonders in dem Stillen und Indischen Ocean keine unbedeutende Mannigfaltigkeit in dieser Beziehung erwarten. Mancher Hügel oder auch viele vulkanische Unebenheiten mögen durch dieselben Bewegungen erhoben worden sein, wie die, welche die Korallenbänke zu verschiedenen Höhen über dem Meere erhoben haben, und während einige über das Oberflächenniveau des Wassers traten, so dass die Atmosphäre und die Brandung auf sie wirken konnte, so weit als ihre verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen die zerstörende Thätigkeit der einen oder der anderen es erlaubte, befanden sich andere unter verschiedenen Verhältnissen. Manche, die aus losen Rapillen und Asche gebildet waren, wurden leicht bis zu dem Spiegel des Meeres abgetragen, bis zu welchem die Thätigkeit der Brandung wirken konnte, während andere eben gerade die nöthige Tiefe unter der Oberfläche für den Bau der Korallenriffe erreichten.

Wenn die grosse Bank von Neu-Fundland in einer Korallengegend läge und aus ihrem jetzigen Niveau erhoben würde, so dass ihr breites Plateau mit seiner gewöhnlichen Tiefe von 40—50 Faden, auf dem die Virgin-Felsen einen kleinen Theil einnehmen, ungefähr 20 Faden erhoben würde, wodurch die Keime riffebauender Korallen sich unter passenden Verhältnissen befestigen und entwickeln könnten, so würden wir einen Flächenraum von zwischen 6000 — 7000 Quadratmeilen

*) *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, Vol. III. p. 61, 1847.

Digitized by Google

haben, um deren unregelmässigen Rand sich die Bedingungen für einen ausgedehnten Kranz von Korallenriffen finden würden (Fig. 83). Das

Fig. 83.

Meer um den Rand würde oft plötzlich tief werden. Die neue englische Seekarte des nördlichen Atlantischen Oceans giebt 106, 137, 147, 132, 107 und 149 Faden dicht an der Südostseite der grossen Bank. Die jetzigen Virgin-Felsen würden eine kleine Insel über dem Wasser bilden, mit 20 Faden Wasser dicht dabei, und wenn eine etwas zweifelhafte Untiefe mit $3^1/_2$ Faden ungefähr 7 Meilen östlich von den Virgin-Felsen wirklich existirt, so würde sich eine andere kleine Insel in dem-

Digitized by Google

selben Flächenraum finden. Die Grosse Bank mit ihrer Fortsetzung, der Grünen Bank, würde durch einen 55 — 77 Faden tiefen Kanal von der St.-Pierre-Bank getrennt sein, um deren Ränder sich die Bedingungen für einen Kranz von Korallenriffen fänden, der eine grosse Wasserfläche ohne Land über ihrem Niveau einschlösse. Wirklich würde die St.-Pierre-Bank dann eine äussere Aehnlickeit mit einem grossen Atoll haben, ungefähr 35 Meilen breit von Südosten nach Nordwesten sein, mit einer grössten Breite von Südwesten nach Nordosten von ungefähr 17 Meilen und einer etwas steilen Neigung nach aussen auf der Südwestseite in 118, 160 und 149 Faden.

In den Bermudas-Inseln haben wir ein Beispiel von einer isolirten Bank in dem Atlantischen Ocean in weiter Entfernung vom Lande, die sich aus tiefem Wasser erhebt, und auf deren Kamm sich Korallenriffe festgesetzt haben, vermischt mit anderen, die als hauptsächlich aus Serpulen und Nulliporen bestehend beschrieben worden, welche das Werk der Meeresthiere wie auf den Korallenriffen des Stillen Meeres überziehen. Nelson giebt zwar viele Nachrichten über diese Inseln, indessen ist von einem erfahrenen Naturforscher immer noch viel in Bezug auf die Riffe selbst zu thun, die besonders durch ihre geologische Lage und das organische Leben in ihrer Nähe von Interesse sind.

Obgleich tiefes Wasser um die Bank angegeben wird, auf welcher die Riffe und Inseln der Bermuden liegen, so sind doch die Riffe selbst ganz in ihrer Nähe nach aussen von seichtem Wasser begrenzt, indem nur 6 und 7 Faden auf den Karten als eine etwas gewöhnliche Tiefe unmittelbar über dem Riff angegeben wird, und die Tiefe wächst etwas weiter davon entfernt bis zu 12 und 15 Faden. Nach Nelson*) besteht die Gruppe der Bermudas aus ungefähr 150 Eilanden, die in einer nordöstlichen und südwestlichen Richtung liegen, in einem Raume von 4 Meilen Länge und $1^1/_4$ Meile Breite und zusammen einen Flächenraum von 5 Quadratmeilen einnehmen. Diese Gruppe liegt nahe und fast parallel mit der Südostseite eines Gürtels von Riffen, die theils von Korallen, theils von Serpulen gebildet, von einer beinahe elliptischen Gestalt und über 6 Meilen lang und 3 Meilen breit sind. Die Kanäle zwischen den Eilanden sind seicht und die Wassertiefe zwischen den Grenzriffen beträgt selten mehr als 12—14 Faden. Das höchste Land erhebt sich bis zu ungefähr 260 Fuss über dem Meere in Sears-Hill, und Gibbs-Hill hat eine Höhe von 245 Fuss.

Nach Nelson bestehen die Inseln ganz aus Kalk; die Schichten wechseln von lockerem Sand bis zu Kalkstein, der so dicht ist, dass er eine gute Politur annimmt, und das Ganze verdankt seinen Ursprung thierischen Secretionen, hauptsächlich von Meeresthieren, obgleich auch die Reste von Landmuscheln und Vogelknochen erwähnt werden. Aus

*) *Transactions of the Geological Society of London* (2), Vol. 5.

Digitized by Google

der Art des Vorkommens der Kalkschichten und besonders aus den sattelförmigen Durchschnitten, die auf allen Inseln zu bemerken sind, schliesst Nelson, dass die Ablagerungen durch den Wind bewirkt wurden, der den Kalksand vor sich her trieb mit Bruchstücken von Muscheln und selbst ganzen Schaalen, und denselben unregelmässig zu Sandhügeln aufthürmte, wobei die Theile fest wurden. Bruchstücke von Korallen und Muscheln sind gemein, und ebenso kommen die Reste von *Lucina Pensylvanica* häufig vor. Desgleichen ist *Turbo pica* gewöhnlich, und Nelson schreibt ihr Vorkommen auf den Höhen den Einsiedlerkrebsen zu, die er mit diesen Schaalen hat herumlaufen sehen. Er erwähnt ferner noch *Mellita* (*Scutella*) *quinquefora*, deren Poren mit krystallinischem Kalk ausgefüllt waren, wie bei den Echiniten in der europäischen Kreide. Ebenso hat man Schildkrötenknochen und die Reste von Cypraea und Bulla gefunden. Innerhalb der Hauptriffe, oder der äusseren, kommen andere vor, die sich nicht über den gewöhnlichen Stand der Ebbe erheben. Ueber den Boden dieses Beckens ist Kalksand und Kreidethon verbreitet, der den besten Ankergrund abgiebt. Die Fluth steigt und fällt ungefähr $4^1/_2$ Fuss und bei der Ebbe sind die Hauptriffe ungefähr 2 Fuss über dem Meere.

Obgleich nachzuweisen ist, dass ein grosser Theil der Kalkablagerungen dieser Inseln durch den Wind bewirkt wurde, der Sand und feine Kalktheilchen aufhäufte, die auf die gewöhnliche Weise durch die Wirkung der Brandung bei hoher Fluth und Windstürmen u. s. w. unter seinen Einfluss gebracht wurden, so scheint doch ein Lager der Ueberreste von *Lucina Pensylvanica* 5 Fuss dick und jetzt ungefähr 6 Fuss über Wasser, welches sich gleichmässig von Phyllis-Insel bis Harris-Insel hinzieht und dem Anscheine nach auch einer anderen oder dünneren Schicht derselben Reste entspricht, zu beweisen, dass auch eine allgemeine Erhebung stattgehabt hat. Unter dieser Voraussetzung würde eine gemischte Ablagerung, durch Wind und Wasser mit den von Nelson gegebenen Durchschnitten übereinstimmen. Der folgende (Fig. 84) gleicht vielen Durchschnitten von Sandsteinablagerungen, die unter Wasser gebildet sind.

Fig. 84.

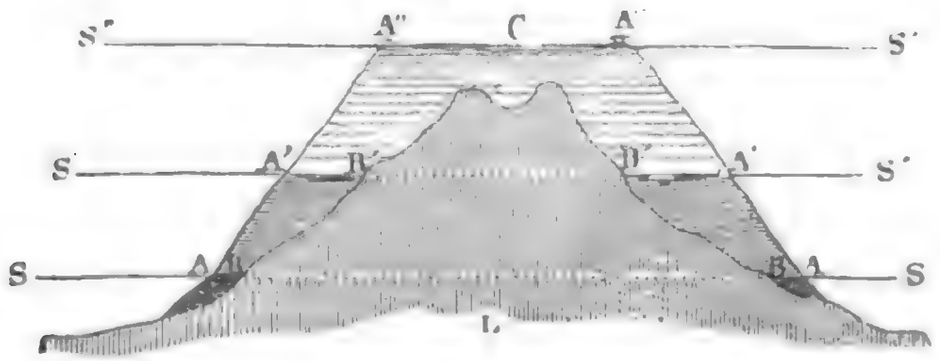
a b c Gewöhnlicher zerreiblicher Kalkstein.
d Jüngere lockere Ablagerungen vor der Klippe.

Da wir so viele Beispiele von der Erhebung von Korallenriffen in verschiedenen Theilen der Welt haben, und ebenso Senkungen von gewöhnlichen Felsmassen selbst in einem grossen Maassstabe stattgehabt haben, wie später noch erwähnt werden soll, so kann man wohl erwarten, dass Korallenriffe und selbst weite Flächenräume, auf denen sie vorkommen, in gleicher Weise ähnlichen Bewegungen unterworfen

Digitized by Google

gewesen sind. Darwin hat diese Ansicht sowohl in Bezug auf einzelne Korallenriffe, wie auf weite Strecken, in denen sie vorkommen, auf eine sehr überzeugende Weise vertheidigt. Um die Wallriffe und Atolle zu erklären, welche durch die Senkung von Land entstanden sind, um welches anfänglich nur gewöhnliche Ufer oder Fransenriffe bestanden, giebt er den folgenden Durchschnitt (Fig. 85). *A A* sollen die äusseren Ränder von Fransenriffen auf zwei entgegengesetzten Seiten einer

Fig. 85.



Insel *L* am Meeresniveau *S S* sein; *B B* die Küste der Insel; *A' A'* äussere Ränder des Fransenriffes, nach seinem Wachsthum nach oben, während der allgemeinen Senkung der Insel *L*, wodurch das Meeresniveau auf *S' S'* kommt; dann sind *A' B' B' A'* Durchschnitte der Lagunen innerhalb von Wallriffen auf jeder Seite des Landes nach dieser Senkung und *B' B'* die neuen Küsten der Insel. Sollte diese allmälige Senkung fortdauern, so dass das Meeresniveau in Bezug auf die Insel *L* nach *S'' S''* rückt, so würde die ursprüngliche Insel, um welche die Korallen zuerst einen Gürtel bildeten, vollkommen verborgen werden, und *A'' A''* die äusseren Riffe eines Atolls und *C* seine innere Lagune sein. In dieser Weise würde die ursprüngliche Landmasse, die ein vulkanischer Kegel oder eine ähnliche Form sein kann, von den Resten von Meeresthieren oder den aus diesen Resten entstehenden sedimentären und chemischen Ablagerungen bedeckt werden, welche die Ueberreste und die Excremente der verschiedenen Reptilien, Fische, Crustaceen, Mollusken und anderen Meeresgeschöpfen umschliessen, welche die Riffe und Lagunen bewohnen. Alles würde in einer allgemeinen Kruste enthalten sein, die hauptsächlich das Werk der äusseren riffebauenden Polypen ist; diese Kruste würde wiederum, nach einer gewissen Tiefe von den Trümmern der Riffe bedeckt sein, die durch die Wirkung der Brandung während der Senkung zerbrochen wurden, und sich über die zuerst gebildeten Riffe in der gewöhnlichen Böschung anhäuften, und zu gleicher Zeit durch solche Ablagerung die Masse im Allgemeinen bis zu einem gewissen Grade seitlich ausdehnten. Mit Ausnahme gewisser Theile dieser äusseren Verbreitung der Trümmer durch die Wirkung der Brandung, würde eine allgemeine horizontale Anord-

nung des Restes vorhanden sein, indem selbst die Kruste des äusseren Riffes bis zu einem gewissen Grade diese Art der Anhäufung zeigte, durch die Beimischung von Schichten oder unzusammenhängenden Stellen von Nulliporen mit den Korallen, mit Theilen von Inseln und mit den Resten ihrer Vegetation und ihrer Amphibien oder Landthiere, da von Zeit zu Zeit günstige Verhältnisse für ihre Entstehung während des Sinkens der allgemeinen Masse stattgefunden haben können. Unzweifelhaft wird eine bedeutende durch Meeresthiere aus dem Meere und ihrer Nahrung gewonnene Kalkmasse mit pflanzlichen und thierischen Resten auf diese Weise angehäuft, und keine geringe Menge ist nöthig, um den Raum zwischen der äusseren Kruste der sich erhebenden Riffe und dem ursprünglichen Lande auszufüllen, die indessen bei einem sehr langsamen und durch einen langen Zeitraum anhaltenden Sinken geliefert werden könnte.

Wenn diese Theorie für den einzelnen Fall richtig ist, so hat es keine Schwierigkeit, dieselbe auf eine Menge anderer Modificationen in der Form des ursprünglichen Landes anzuwenden, welches entweder klein oder sehr gross, bergig und hügelig, oder auch eben sein kann, oder auch auf die veränderlichen Verhältnisse der Vertheilung von Land und Wasser auf der Oberfläche zu verschiedenen Zeiten, so lange das Sinken dauerte, und mehr plötzlich zu einer Zeit stattfand, oder von Pausen von kürzerer oder längerer Dauer unterbrochen war. Die Maldiven liefern ein gutes Beispiel von den Wirkungen des Sinkens des Landes nach der ersten Incrustation ihrer Ufer durch riffebauende Korallen, so dass ein beträchtliches Uferriff um eine grosse Insel, wie die von Neu-Caledonien, in zahlreiche Ringe von Korallenriffen getheilt wurde, die verschiedene Höhen des ursprünglichen Landes krönten, wobei die allgemeinen Umrisse des letzteren durch das Wachsen der Korallenmasse nach oben noch bewahrt wurden. Die grosse Tchagos-Bank südlich von den Maldiven bietet besondere Eigenthümlichkeiten dar, und Darwin erwähnt sie als ein Beispiel, wo die Korallen des Hauptriffes vor oder während dem Sinken abstarben, so dass jetzt das grosse äussere Riff statt innerhalb der Brandung des Meeres zu sein, von 5 bis 10 Faden unter die Oberfläche des Wassers gesunken ist, und nur zwei oder drei Stellen als Eilande vorhanden sind. — Da die Tiefe des äusseren Riffes nicht der Art ist, dass sie die riffebauenden Korallen verhindert sich zu entwickeln, und da immer Kuppen in derselben Tiefe mit üppig wachsenden Korallen vorhanden sind, so scheint irgend eine andere Ursache als die blosse Wassertiefe mit ihren Folgen das Wachsthum von einer grösseren Menge lebender Korallenpolypen auf diesen Riffen zu verhindern. Angenommen, dass das äussere Riff einst auf die gewöhnliche Weise an und nahe der Oberfläche geblüht hat, da immer noch zwei oder drei Inselchen über Wasser sind, so hat vielleicht das etwas plötzliche Sinken einer ausgedehnten Inselkette, die dicht über

Digitized by Google

das äussere Riff verbreitet war, mit ihrer Vegetation und ihrem Sande wenigstens eine Zeitlang sehr ungünstige Verhältnisse für das Wachsthum der oberen riffebauenden Korallen dargeboten. Die Wirkung der Wellen und der Fluth musste den Sand über das gesunkene Riff auf eine Weise vertheilen und bewegen, die für die Lebensweise der oberen riffebauenden Korallen oder für das Festsetzen ihrer Keime sehr ungünstig war.

In Bezug auf die Incrustation von Inseln durch Korallenmassen, verbunden mit der mechanisch und chemisch durch die Polypen und andere die Korallenriffe bildenden oder dieselben bewohnenden Meeresthiere abgesonderten, hauptsächlich aus Kalk bestehenden Masse, werden die geologischen Resultate, wenn sich das Wachsthum und die Ablagerung nach dem Sinken richtet, solche sein, dass bei einer wiederholten Erhebung über den Meeresspiegel in einem Flächenraum, wie der des Korallenmeeres des Stillen Oceans, grosse Kalkablagerungen sich uns darbieten, die oft vielleicht im Allgemeinen bei gleichem oder fast gleichem Niveau sich entsprechen, und das Aussehen von meist zusammenhängenden Kalkablagerungen haben, obgleich sie in der Wirklichkeit nie verbunden waren. Wenn die Inseln des Grünen Vorgebirges, die Canarischen Inseln und die Azoren sich mit Korallenriffen incrustirten und allmälig sich unter den Spiegel des Meeres senkten, so dass die Riffe und die inneren Anhäufungen sich der Geschwindigkeit der Senkung anpassten und wieder über das Meer erhoben würden, da dies wenigstens bei einigen von ihnen, welche Tertiärablagerungen an ihren Rändern haben, der Fall gewesen zu sein scheint, obgleich sie sonst von eruptivem Charakter sind, so würde eine solche Täuschung sehr leicht sein.

Es lässt sich erwarten, dass in Gegenden, wo Korallenriffe häufig, und wo Vulkane jetzt oder während ihrer Bildung thätig gewesen sind, bisweilen Mischungen von Ablagerungen eruptiver Entstehung mit Korallenablagerungen stattfinden. Beete Jukes erwähnt in seiner Beschreibung des grossen Barrierriffs von Australien gemischte Ablagerungen dieser Art bei der Murray- und Errub-Insel, wo sich Schichten finden, die aus verschiedenen Mengen von trachytischer Lava und Kalkstein bestehen, und die Lava und Kalksteinklumpen dem Anschein nach durch Reibung abgerundet sind. Es giebt auch Schichten von vulkanischer Asche oder Sand, in welchen Kalkkörner verbreitet sind. In Errub bedecken feuergebildete Gesteine Sandsteine und Conglomerate. In dieser Gegend ist auch zu einer Zeit viel Bimsstein herumgetrieben, der wahrscheinlich von vulkanischen Ausbrüchen in Richtungen herrührte, von wo diese leichte Substanz durch vorherrschende Winde und Strömungen herbeitreiben konnte. Er scheint sich mit den Korallenablagerungen vermischt zu haben. Theile davon sind in dem Korallenfels von Raine's Insel eingebettet und sind häufig in dem Korallenconglomerat an der Nordostküste von

Digitized by Google

Australien. Wilkes*) beschreibt Stücke von blasiger Lava, die zwischen Blöcken von Korallenconglomerat auf Rose-Insel, einer kleinen und niedrigen Koralleninsel, der östlichsten der Samoagruppe, gefunden wurden. Natürlich werden sich viele Mischungen von vulkanischen Gesteinen mit Korallensand und Geröllen an den Ufern vulkanischer von Korallenriffen eingefasster Inseln finden und bisweilen auch ein Ueberfliessen von Lava über Riffe in der Nähe von Ländern, welche vulkanischen Ausbrüchen unterworfen sind, stattfinden.

Thätigkeit des Eises zur Fortschaffung von Mineralmassen.

Dem Einfluss des Eises zur Verbreitung von Detritus auf dem festen Lande und dem Meeresboden, sowie den mechanischen Wirkungen desselben auf harte Gesteine oder lockere Ablagerungen, über die es sich unter dem Wasser oder auf dem festen Lande fortbewegt, hat man in den letzten Jahren grosse Aufmerksamkeit geschenkt.

Welche Ansicht man auch von der eigenen Wärme des Erdkörpers haben mag, ob diese in früheren Zeiten die Bildung von Eis auf seiner Oberfläche verhinderte oder nicht, so lehrt uns jetzt die Beobachtung, dass der Einfluss der Sonne der Art ist, dass der kalte Planetenraum die Erde gleichsam wie in eine Hohlkugel einschliesst, ausserhalb deren das Wasser beständig gefroren ist; dieser Raum hat eine an den Polen mehr abgeplattete Gestalt als die Erde, so dass am Aequator ein Unterschied von zwischen 16,000 bis 17,000 Fuss zwischen den beiden ist, und dass er unterhalb der Pole die Erde im Norden und Süden schneidet. Man nimmt an, dass über diesem Raum die Temperatur in der Atmosphäre abnimmt, bis endlich die des planetarischen Raumes allein herrscht. Fourier berechnete, dass diese Temperatur — 50° C., Svanberg nach einer anderen Methode, dass sie — 49° 85 C. beträgt.

Nimmt man deshalb an, dass die Wärme der Sonne dergestalt auf die jetzige Oberflächen-Temperatur der Erde wirkt, dass die Kälte des planetarischen Raumes das Wasser nicht über die ganze Oberfläche der Erde gefrieren macht, so lassen sich nach den möglichen Verhältnissen ihrer Wirkung viele kleine Modificationen in ihrer Thätigkeit erwarten**). Diese werden herrühren von der verschiedenen Absorption und Radiation der Wärme, je nachdem sie auf Wasser oder Land und in

*) *United States Exploring Expedition*, Vol. 2, p. 64.

**) Rücksichtlich der Temperatur unserer Atmosphäre bemerkt Arago (*Ann. de Phys. et de Chim. tom.* 27) dass 1), das Thermometer auf dem Lande bei einer Erhebung von 2 — 3 Meter über dem Boden, und vor aller Rückstrahlung beschützt, nirgends 46° C. erreicht; 2) dass auf dem Meere die Temperatur der Luft zu keiner Zeit und an keinem Orte 31° C. erreicht;

Digitized by Google

verschiedenen Breitegraden wirkt; ferner von den verschiedenen Reliefformen und dem Charakter des Landes, von dem Vorhandensein von Wasser, von der Verschiedenheit in dem Wasser in Bezug auf seine Tiefe und die Bewegung eines Theils desselben von kälteren nach wärmeren Gegenden, oder umgekehrt, von der Bewegung der Atmosphäre und ihren verschiedenen Zuständen und von der periodischen Veränderung in der Stellung der Erdtheile, je nachdem eine oder die andere Hemisphäre dem Einfluss der Sonne mehr ausgesetzt ist.

Zahlreiche Beobachtungen haben gezeigt, dass die Regelmässigkeit des sphäroidischen Raumes, in welchem Wasser gewöhnlich flüssig bleibt, sehr durch die erwähnten Verhältnisse gestört wird, so dass bezüglich des Thier- und Pflanzenlebens unseres Planeten gewisse Gegenden bewohnbar werden, in denen sich sonst nichts Lebendiges halten könnte. Ein sehr bezeichnendes Beispiel dieser Art findet man auf dem nördlichen Abhang des Himalaya, wo die Schneegrenze durch ein Zusammentreffen verschiedener physikalischer Verhältnisse 4000 Fuss höher liegt, als auf der Südseite derselben grossen Gebirgskette *). Kleinere Modificationen derselben Art sind häufig durch den Einfluss grosser Meeresflächen und vorherrschender, über dieselben hinstreichen-

---

3) dass der grösste Kältegrad, der je mit einem frei aufgehängten Thermometer beobachtet wurde, nicht unter — 50° C. fällt; 4) dass die Temperatur des Meerwassers in keiner Breite und zu keiner Jahreszeit über 30° C. steigt.

*) Humboldt hat die Höhe der Schneegrenze auf gewissen Bergketten in folgender Weise bestimmt:

Berge.	Breitegrad.	Höhe über dem Meere. Engl. Fuss.
Cordilleren von Quito . .	0° bis 1½° S.	15,730
„ „ Bolivia .	16° „ 17¾° S.	17,070
„ „ Mexico .	19° „ 19¼° N.	15,020
Himalaya:		
Nördl. Abdachung .	30¾° „ 31° N.	16,620
Südl. Abdachung .	. . .	12,470
Pyrenäen	42½° „ 43° N.	8,950
Kaukasus	42½° „ 43° N.	10,870
Alpen	45¾° „ 46° N.	8,760
Karpathen	49° „ 49¼° N.	8,500
Altai	49° „ 51° N.	6,400
Norwegen:		
Inneres	61° „ 62° N.	5,400
„	67° „ 67¼° N.	3,800
„	70° „ 70¼° N.	3,500
Küste	71° „ 71½° N.	2,340

Digitized by Google

der und das Land erreichender Winde, wodurch bedeutende Erhöhungen der allgemeinen Temperatur Statt haben.

Um Schnee in den Gegenden oder Gebirgshöhen zu erhalten, welche in dem erwähnten Raume in die Theile unserer Atmosphäre hineinreichen, wo die Temperatur der Art ist, dass sie mehr oder weniger während sämmtlicher klimatischer Veränderungen des Jahres von Schnee eingehüllt werden, braucht man nur die Verdunstung von dem Lande und Wasser zu nehmen, die nach ihren verschiedenen Zuständen, Oberfläche und Oertlichkeiten, so modificirt ist, dass sie den nöthigen Fall von Wasser in dieser Gestalt veranlassen kann. Und dieses würde für jede Höhe erforderlich sein, auf welcher wir den Schnee finden, wenn wir nicht annehmen, dass eine Veränderung in dem Niveau jener Gegenden oder Gebirge Statt gefunden hat, so dass sie nach der Bildung und Ablagerung des Schnees bei geringeren Höhen in eine Atmosphäre erhoben wurden, wohin die Verdunstung den Wasserdampf zur Bildung des Schnees nicht führen konnte.

Von den Polargegenden an, wo wir einen so grossen klimatischen Wechsel finden, dass der Einfluss der Sonne dort während einer Hälfte des Jahres beinahe oder ganz ununterbrochen ist, und während der anderen Hälfte nicht gefühlt wird, bis zu den Tropen, wo sich Gebirge so hoch in die Atmosphäre erheben, dass sie eine Schneedecke tragen, giebt es nothwendiger Weise grosse Verschiedenheiten in der Temperatur und dieselbe wird im Ganzen in den Aequatorialgegenden der Erde weniger veränderlich.

Richtet man seine Aufmerksamkeit auf die Wirkungen dieser Temperaturwechsel, so findet man, dass die Bildung von Gletschern unter denen, welche eine geologische Bedeutung haben, obenan steht.

Von anderen Beobachtern rühren folgende Bestimmungen her:

Oerter.	Breite.	Höhe über dem Meere. Engl. Fuss.	Beobachter.
Bolivia	16° bis 18° S.	16,263	Pentland.
Cordilleren von Chili . . .	33° S.	14,500	Gillies.
Chiloë	40° bis 43° S.	6,000	Fitzroy.
Feuerland	54° S.	3,750	King.
Kamtschatka	57° N.	5,308	Erman.
Bären-Insel	74° 30′ N.	590	Durocher.

Durocher (*Mémoire sur la limite des neiges perpétuelles. Voyage de la Recherche*, 1845) setzt die Linie des ewigen Schnees in dem nördlichen Eismeer in 78° N., so dass sie an der Nordwestküste von Spitzbergen bis zum Niveau des Meeres kommt.

Auf den Alpen ist man seit lange mit jenen Eismassen vertraut, die aus der Gegend des ewigen Schnees durch Schluchten und mannigfach gestaltete Einsenkungen selbst in fruchtbare Thäler herabsteigen, wo die reifende Ernte und Eis in der Hitze des Sommers und Herbstes zwischen dem 44. und 47. Breitegrade fast in unmittelbarer Berührung sein können. Saussure war es besonders, der durch den Reiz seiner Schilderungen die Aufmerksamkeit auf die Gletscher und die durch dieselben hervorgebrachten Wirkungen lenkte. Seitdem haben viele Schriftsteller sich mit ihnen beschäftigt, und unter diesen haben in den letzten Jahren Charpentier und Agassiz viel zur Begründung einer Hypothese in Bezug auf die Art und Weise geschrieben, in welcher diese Eismassen sich von den Höhen, auf denen sie entstanden sind, nach unten fortbewegen, sowie über ihre frühere weit beträchtlichere Verbreitung und Ausdehnung; Gegenstände, die von grosser geologischer Wichtigkeit sind, wenn auch die Hypothese selbst in der ihr gegebenen Ausdehnung nicht angenommen werden kann.

Ein Gletscher fängt nahe an der Schneegrenze an, aber etwas niedriger, als sie in der Nachbarschaft liegt. Es giebt oft einen fast unmerklichen Uebergang von vollkommenem Schnee zu Eis, andere Male ist das Niveau des oberflächlichen Schnees deutlich markirt und das Eis findet sich darunter. Ohne Zweifel findet der Uebergang in folgender Weise Statt: Das Thauwasser des Sommers tränkt den Schnee bis zu einer grossen Tiefe; der Frost des darauf folgenden Winters gefriert ihn wenigstens bis zu der Dicke des Schneefalls von einem Jahre oder erhärtet ihn noch weiter durch die Wiederholung in zwei oder mehreren Jahren (*Forbes, Travels through the Alps of Savoy.* 2. edit. p. 31). Der Theil eines Gletschers, wo die Oberfläche jährlich durch die ungeschmolzene Anhäufung jedes Winters erneuert wird, heisst Firn (*névé*) und wahre Schichtung ist hier von Saussure und Anderen gesehen worden. Forbes glaubt mit Charpentier, dass diese Schichtung ganz obliterirt wird, wenn der Firn in wirkliches Eis übergeht. Die Schlünde oder grossen Spalten in dem Firn unterscheiden sich von denen des Gletschers weiter unten durch ihre grössere Breite und Unregelmässigkeit und die Höhlen in ihm sind wegen der grösseren Leichtigkeit, mit welcher der Firn schmilzt und vom Wasser angegriffen wird, ausgedehnter und haben eine eigenthümlichere Gestalt.

Weiter unten im Thal oder in der Schlucht, in welcher sich der Gletscher bewegt, hängt seine Gestalt und sein Aussehen natürlich von dem allgemeinen Charakter des Landes ab. Das Eis verändert sich; es gleicht nicht dem Eis, welches in einem stillen See sich gebildet hat, sondern Schichten oder dünne Platten von dichtem durchsichtigen Eis wechseln in den meisten Theilen jedes Gletschers mit Eisschichten ab, die nicht weniger hart und vollständig, aber mit zahllosen Luftblasen gefüllt sind, welche ihm ein schaumiges, halb undurchsichtiges

Digitized by Google

Ansehen geben. Der Wechsel von Streifen ist dann durch blaue und grünlichblaue oder weisse Krümmungen bezeichnet, welche das Eis in seiner ganzen Dicke durchsetzen, wo man einen Durchschnitt macht. Derselbe ist also kein äusserlicher Zufall, er ist die innere Structur eines Gletschers und die einzige, die er besitzt, und verbreitet Licht über die Umstände und Bildung dieser Massen. Nach Forbes ist diese Structur die Folge der viscosen oder zähflüssigen Beschaffenheit der Masse und ihrer Bewegung, und hat das Ansehn, als wenn sie von der Bildung von Spalten in dem mit Luftblasen erfüllten Eise oder festgewordenen Firn herrührt, welche mit von dem Gletscher kommendem und während des Winters gefrorenem Wasser erfüllt sind, und so die dichten blauen Bänder hervorbringen, und dass mit dem Vorwärtsbewegen der zähen Masse, und zwar der centralen Theile mit grösserer Geschwindigkeit als die der Seiten, diese mit Eis gefüllten Spalten in der ganzen Masse eine mehr horizontale Lage einnehmen, und zwar mit solchen Modificationen, wie man sie an den Seiten und auf dem Boden zu erwarten hat, wo die Reibung am stärksten ist. Er bemerkt, dass diese Bandstructur einem sehr eigenthümlichen Lauf im Inneren des Eises folgt, von welchem der gewöhnliche Typus eine Aufeinanderfolge von ovalen Wellen auf der Oberfläche ist, die in Hyperbeln übergehen und deren grössere Axe nach der Länge des Gletschers gerichtet ist, und dass diese Structur auch durch die ganze Dicke eines Gletschers entwickelt ist, ebenso von der Mitte nach der Seite und die Structurflächen in einer solchen Weise gekrümmt sind, dass die Stirnneigung der Streifen, wie man auf einer die Axe eines Gletschers schneidenden Vertikalebene sieht, an seinem unteren Ende in einem kleinen Winkel verkommt, und sich rasch nach dem Ursprung des Gletschers hin vergrössert.

Unterhalb des Firns findet der Gletscher in Einsenkungen von verschiedener Form seinen Weg nach unten, weit unter die Linie, welche gewöhnlich die dauernde Gegenwart des Schnees das Jahr hindurch bezeichnet. Die folgende Ansicht (Fig. 86, s. f. S.) des Montblanc vom Bréven genommen, einem Berge der sich hoch über das Chamounix-Thal erhebt, welches den Bréven von dem Montblanc trennt, wird eine bessere Idee von dem Wege des Gletschers nach unten geben, als eine Beschreibung, besonders da die Höhe und Lage des Bréven selbst die verkürzte und weniger lehrreiche Ansicht verhindert, welche man von unten erhält.

Wie die grosse Eismasse von der Gegend des Firns nach unten fällt, so wechseln die Spalten bedeutend in Länge und Breite und erstrecken sich bisweilen über den ganzen Gletscher hinüber, oft 500 Fuss in Breite, und dieses richtet sich natürlich nach dem Charakter der Oberfläche, auf welcher er liegt. Mit seinem Herabsteigen in wärmere Regionen unterliegt der Gletscher nothwendig dem Einfluss einer höheren Temperatur, und würde, wenn er nicht den nöthigen Zuwachs

Digitized by Google

von oben erhielte, sich dort verkleinern und verschwinden. Da dieses Nachwachsen wechselt, so wird die Ausdehnung eines Gletschers der Wit-

Fig. 86.

Kette des Montblanc vom Bréven aus.
a. Chamouni. b. Montblanc c Mer de Glace. d Bossons-Gletscher. e. Aiguille verte.
f. Dôme du Gouté. g. Montanvert.

terung des Jahres entsprechen, so dass er zu einer Zeit weiter in die niederen Thäler herabsteigen kann als in einer anderen, und so kann sein merkliches Vorrücken in ein Thal auf Wirkungen beruhen, die in vielen Jahren hervorgerufen wurden, und einem häufigen Wechsel unterworfen sein. Unter den zahlreichen Beispielen einer wechselnden Ausdehnung und Masse von Gletschern in neuerer Zeit ist keins bezeichnender als das des Brenva auf der italienischen Seite des Montblanc. Im Jahr 1818 war seine Höhe von der von Forbes im Jahre 1842 gefundenen wenigstens 300 Fuss verschieden, wie die Höhe eines Felsens bewies, auf dem eine wohlbekannte Kapelle (*Chapelle de Berriér*) stand, welche mit dem Felsen durch das Wachsen des Eises gehoben und gespalten wurde. Diese grosse Zunahme des Volumens und die Abnahme in 24 Jahren, ist wohl erwiesen. Forbes bemerkt, dass die mittlere Temperatur von fünf Jahren vor 1818, wo der Gletscher diese Zunahme erlitten hatte, keine wesentliche Veränderung bot, indem dieselbe 9° 51 C. betrug, während die mittlere Temperatur in derselben Stadt während der letzteren 40 Jahre 9°, 68 C. war.

Die trüben Wasser, die unter dem Gletscher hervorkommen, wie auch die Eishöhlen, durch welche diese Wasser gewöhnlich ihren Weg finden, wenn sie am häufigsten sind, sind allen Schweizerreisenden wohl bekannt. Forbes hat gezeigt, dass solche Wasser nicht nur von dem Eis herrühren können, welches durch Berührung mit den Felsmassen, auf welchen es sich bewegt, geschmolzen ist, ferner von dem Regen-

Digitized by Google

falle auf das Eis im Sommer, der durch das Gletscherthal seinen Abzug hat, und von dem Abschmelzen des Gletschers selbst durch Sonne und Regen, sondern auch von den Quellen, die unter dem Eise, wie an jedem anderen Orte, entspringen. Der Regenfall auf die Gletscher und sein Abschmelzen durch die Sonne haben den wichtigsten Antheil an den Gletscherbächen und verursachen, dass der Rhein und die anderen grossen Flüsse, die in den Alpen ihre Quellen haben, ihre grösste Höhe im Juli und nicht im Frühjahr oder Herbst erreichen. Aus demselben Grunde sieht man, wie die Bergbäche mit dem Vorrücken der heissen Tageszeit sichtbar anschwellen und lauter rauschen, sich gegen Abend vermindern und am Morgen am kleinsten sind. Der Winter ist wie eine lange Nacht bei den Gletschern. Die Sonnenstrahlen besitzen kaum die Kraft, etwas von der Schneedecke zu schmelzen, welche die eigentliche Oberfläche des Eises beschützt, die Verzehrung der Oberfläche ist kaum vorhanden, und der Gletscherstrom hat seine geringste Ausdehnung.

Ueber die Ursache der Bewegung der Gletscher giebt es verschiedene Ansichten. Forbes hält es zur Genüge bewiesen, dass die Bewegung eines Gletschers nicht nur von einer Jahreszeit zur anderen wechselt, sondern dass er auch bestimmte, obgleich anhaltende Bewegungsveränderungen hat, die in ihm, oder in einem grossen Theil von ihm, gleichzeitig sind, und deshalb von irgend einer allgemeinen äusseren Veränderung herrühren und dass diese Veränderung hauptsächlich oder einzig und allein die Wirkung der Lufttemperatur und der Verhältnisse der Feuchtigkeit oder Trockenheit des Eises ist. In Bezug auf die Bewegung selbst hat Forbes nachgewiesen, dass das Eis sich nicht als ein fester Körper bewegt, dass es nicht mit Gleichförmigkeit in verschiedenen Theilen seines Durchschnitts herabgleitet, dass seine Seiten, von denen man vermuthen sollte, dass sie am vollständigsten von ihren Felsenwällen während des Sommers getrennt sind, sich am langsamsten bewegen und gleichsam durch die mittleren Theile heruntergezogen werden. Was die verschiedene Schnelligkeit der Bewegung eines Gletschers angeht, so hat derselbe, wie ein Strom, seine ruhigen Stellen und seine Stromschnellen. Wo er von Felsen eingebuchtet ist, häuft er sich an, seine Neigung und seine Schnelligkeit verringern sich. Die centrale Geschwindigkeit der unteren, mittleren und höheren Regionen des Mer de Glace verhalten sich wie 1,398: 0,574 : 0,925, und wenn man die Länge des Gletschers in drei Theile theilt, so finden wir für seine Neigung die Zahlen 15^0, $4^1/_2{}^0$ und 8^0. Forbes' Theorie ist, dass ein Gletscher eine unvollkommene Flüssigkeit oder ein viscoser Körper ist, welcher an Abhängen von einer gewissen Neigung durch den gegenseitigen Druck seiner Theile hinabgedrängt wird. Kommt ein Gletscher aus einer engen Schlucht in ein weites Thal, so breitet er sich aus, wie ein viscoser Körper thun würde. Forbes zweifelt indessen nicht, dass die Gletscher in ihrem Bette herabgleiten, und dass

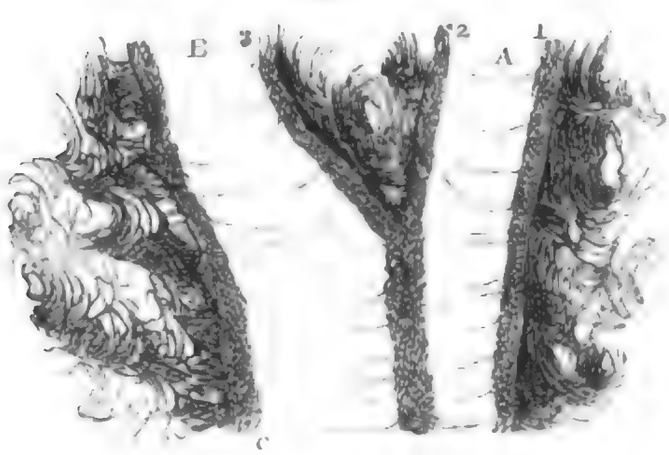
Digitized by Google

die Eistheile über einander sich reiben und ihre Lage zu einander verändern.

Die Bewegung der Gletscher ist wichtig durch den durch dieselbe bewirkten Transport von Mineralmassen, indem sie auf ihrer Oberfläche die von den Höhen, an welchen sie vorbeikommen, herabgefallenen Gesteinbruchstücke vorwärts tragen und vor sich lockere Anhäufungen von Blöcken, Grus, Sand und Erde herschieben, die sich ihnen entgegenstellen, und Felstheile abbrechen, wo der Widerstand der letzteren geringer ist als die Kraft des Gletschers, indem Absonderungsebenen, Fugen und Klüfte mit den natürlichen Schichtungsflächen die Masse solcher Gesteine weniger widerstandsfähig machen, als es sonst der Fall sein würde. Wenn man die steilen Klippen mancher Berggegend ins Auge fasst, die an ihrer Basis die von oben durch atmosphärische Einflüsse abgetrennten Trümmer haben, sogenannte Schutthalden, besonders in Klimaten oder Gegenden, wo Frost und Aufthauen oft wechselt, so wird man leicht erwarten, dass diese Trümmer sich mit dem Gletscher weiter bewegen, auf dessen Ränder sie fallen. Anstatt sich deshalb in einer Schutthalde anzuhäufen, wie man in vielen bergigen Gegenden sehen kann, bewegt sich die Masse langsam weiter, und der Schutz, den die Halde den darunter liegenden Gesteinen gegen die atmosphärischen Einflüsse gewährt, wird gerade an den Localitäten entfernt, wo der Wechsel des Klimas oft am bedeutendsten ist.

Die grösseren und kleineren Stücke, die natürlich in Gestalt und Grösse nach dem Charakter der überhängenden Felsen und dem Grade ihrer Zersetzung vor ihrem Falle wechseln und dergestalt über die Gletscher zerstreut sind, heissen Moränen. Man unterscheidet Seitenmoränen oder Gandecken, Mittelmoränen oder Gufferlinien, Endmoränen oder Stirnwälle. Die Seitenmoränen bilden zwei lange Linien von Wällen, welche von beiden Seiten her den Gletscher einfassen, wenn die Höhen auf jeder Seite das nöthige Material liefern, oder wenn eine Felsmasse in der Mitte ebenfalls Bruchstücke bietet, und diese werden längs der Ufer hin von dem Eise, auf welchem sie ruhen, fortbewegt. Stossen zwei Gletscher *AB*, Fig. 87, in demselben Thalbette zusammen, so vereinigen sich die beiden einander zugewandten Seitenmoränen 2, 3 zu einer Mittelmoräne oder Gufferlinie *b*, welche als langer Stirnwall auf der Mitte des Gletschers fortgeschoben wird. Mit jedem neuen Zuwachs des Gletschers durch eine Vereinigung entsteht deshalb

Fig. 87.



Digitized by Google

auch eine neue Mittelmoräne, und ein Gletscher ist daher aus so viel einzelnen Zuflüssen zusammengesetzt, als er Mittelmoränen zeigt, wenn man zu diesen noch Eins hinzuzählt.

Eine grosse Mittelmoräne wird durch die Vereinigung von zwei langen Reihen von Gletscherseiten hervorgebracht, die auf einer beträchtlichen Entfernung nicht unterbrochen sind und auf welche viele Fragmente gefallen sind, während die entgegengesetzten Seiten schwächere Moränen haben können, wenn sie von Zuflüssen herrühren, die eine geringere Menge von Bruchstücken erhalten. Die hier stehende Ansicht, Fig. 88, die die oberen Theile des Aargletschers darstellt, zeigt

Fig. 88.

die Moränen, die von dem Gletscher des Finsteraarhorns zur Linken und von den Lauteraarhörnern zur Rechten herkommen. Sie zeigt auch die Bildung einer einzelnen Moräne in der Mitte durch Vereinigung der beiden Seitenmoränen. Eben so sieht man das schwammartige Ansehen, welches durch das ungleiche Schmelzen der Oberfläche eines Gletschers hervorgebracht wird, wobei ein Felsblock, namentlich wenn er wie eine Insel auf den Gletscher gefallen ist, das Eis vor dem Schmelzen schützt, und dann wird der Block auf einen Eisstiel gehoben. Diese Blöcke sind oft sehr gross. Forbes erwähnt eines Granitblocks von 23 Fuss Höhe, 17 Fuss Breite und ungefähr $3^1/_2$ Fuss Dicke, der auf einer 13 Fuss hohen Eissäule ruhte, später aber fiel und sich auf einer neuen Eissäule scheinbar zu heben begann. Auch die Moräne selbst hebt

Digitized by Google

sich durch den von ihr dem unter ihr befindlichen Eis gegen die Sonne und den Regen gewährten Schutz oft über das Eis.

Das folgende Bild (Fig. 89) von dem oberen Theile des Zermatt-

Fig. 89.

gletschers zeigt auch, welche Wirkungen bei Moränen durch die Vereinigung von Gletschern hervorgebracht werden. Zur Linken stammen die Moränen von dem Gletscher des Monte Rosa und des Gornerhorns, und man sieht die Seitenmoräne des Fusses des Riffelhorns mit der grossen Moräne des Breithorns. Zur Rechten sind Gletscher des Matterhorns und der Fürkeflue und man sieht die Gletscherspalten über die vereinigten Gletscher, wie auch die Erhebung des Eises über die Seite des Gletschers, wobei die Blöcke und andere Gesteinsfragmente die Neigung haben herunterzufallen und sich in einer Seitenmoräne entfernt von Eis und in der Nachbarschaft anzuhäufen.

Wenn die Geschwindigkeit eines Gletschers von der Neigung und der Gestalt der unterliegenden und angrenzenden Felsen unter übrigens gleichen Verhältnissen abhängt, so lässt sich erwarten, dass dieselbe sehr wesentlich bei demselben Gletscher und in verschiedenen Gletschern wechselt. Es ist bewiesen, dass die Gletschermitte sich schneller bewegt als die Ränder, so dass die Blöcke und Fragmente der

Digitized by Google

Mittelmoräne in weniger Zeit weiter kommen, als die an den Seiten selbst, wenn die letzteren nicht übergeworfen und auf dem die Seiten eines Gletschers begrenzenden Boden zurückgelassen werden. Nach der Natur des Transportes wird sich jede grosse Felsmasse, die von einer Höhe über einem Gletscher losgelöst ist, so leicht vorwärts bewegen, wie ein kleines Stück; sie beschützt allerdings das Eis darunter gegen die Thätigkeit der Sonne und des Regens weit wirksamer, wobei man indessen nicht vergessen darf, dass sie durch das ungleiche Schmelzen des Eises in der Umgebung und theilweise darunter nicht nur in eine Spalte fallen kann, wo sie mit der allgemeinen Bewegung des Gletschers vorrückt, sondern auch an einen Ort, wo ihr Fortschritt wenigstens eine Zeitlang aufgehalten werden kann. Einige Blöcke auf Gletschern sind von sehr beträchtlichen Dimensionen. Forbes hat auf dem Vieschgletscher im Canton Wallis einen Block gesehen, der beinahe 100 Fuss lang und 40 oder 50 Fuss hoch war.

Während dergestalt Fragmente von allen Dimensionen und in grosser Menge mit einer ungleichen Geschwindigkeit je nach ihrer Lage auf einem Gletscher nach unten rücken, so werden andere in ihrem Fortschritt aufgehalten, stranden und bleiben nach Umständen an den Seiten neben dem Gletscher liegen. Wenn ein Gletscher so sein Volumen ändert, dass er zu einer Zeit ein höheres relatives Niveau in den Thälern und Schluchten einnimmt, in denen er sich bewegt, und wenn die Verhältnisse Randanhäufungen von Gesteinen gestatten, so werden solche Anhäufungen, wenn das Eis später seine Masse verändert, zurückbleiben und diesen früheren Zustand des Gletschers anzeigen. Fig. 90 zeigt, wie Gesteinstrümmer *c* durch die Abnahme eines Gletschers zurückgelassen werden, und wo ein Theil einer Seitenmoräne in ein Loch *a* zwischen dem Eis und dem angrenzenden Fels fällt, oder auf einem geneigten Ufer *b* zurückbleibt. Den Durchschnitt einer Mittelmoräne sieht man bei *d*. Sind die Seiten einer Schlucht oder einer Klippe so steil, dass die Blöcke keine Ruhestelle finden, so bleibt kein Zeichen eines früheren Gletscherstandes in gestrandeten Blöcken zurück. Die Trümmer steigen entweder oder sinken mit dem Gletscher, einige fallen wahrscheinlich in den zwischen dem Eise und der Felsenmauer gebliebenen Raum, der entweder durch einen gewissen Grad der Abschmelzung des Gletschers bei seiner Berührung mit dem Fels offen ist, oder es zeigen sich Höhlungen verschiedener Art, indem die Eismasse längs der unebenen Seite einer Klippe sich hinbewegt.

Fig. 90.

Da Felsbruchstücke zwischen das Eis eines Gletschers und seine Felsenmauern eingezwängt werden, so verursacht die Reibung derselben, wenn sie durch die ungeheure Kraft des Gletschers gedrückt wer-

Digitized by Google

den, Furchen und Streifen auf den benachbarten Gesteinen, die der Richtung seiner Bewegung entsprechen. Fig. 91 ist der „Angle“ an

Fig. 91.

dem Mer de Glace, wo Granitblöcke zwischen das Eis und das Gestein eingezwängt werden, und Furchen in die Felsmauer eingraben, die nahe an dem Niveau des Eises mit deutlichen parallelen Streifen frisch bezeichnet ist. Betrachtet man die Kraft, das Werkzeug und das Material, auf welches die Wirkung stattfindet, so ist kein Zweifel, dass solche Streifungen stattfinden müssen, selbst wenn ihre Gegenwart nicht direct bewiesen werden könnte. Diese Reibung allein reducirt die Bruchstücke zu einer geringeren Grösse und selbst zu feinem Pulver. Wenn man die allgemeinen Verhältnisse der Gletscherbewegungen, die Art des Bodens, über welchen diese Eismassen sich bewegen, die Trümmer, welche von den Seiten und selbst durch die Spalten auf den Boden fallen, ins Auge fasst, so lässt sich erwarten, dass das Furchen und Ritzen auf dem Boden und an den Seiten beträchtlich sein wird und von einem ausgedehnten Glätten und Poliren der Oberfläche begleitet ist, gleichsam als wenn bei der Anwendung einer ungeheuren Polirmaschine, welche im Ganzen mit kleinen Abweichungen in einer Richtung wirkt, härtere Körner umhergestreut werden, so dass sowohl

Digitized by Google

ein Ritzen wie ein Glätten stattfindet. Dieses Furchen und Glätten durch Gletscher ist in Bezug auf seine geologische Wichtigkeit hauptsächlich in neueren Zeiten beobachtet worden, obgleich man die abgerundeten und geglätteten Oberflächen, die man oft sieht, seit Langem unter dem ihnen von de Saussure gegebenen Namen der Roches moutonnées oder Rundhöcker kennt. Fig. 92 zeigt diese Verhältnisse bei dem

Fig. 92.

Vieschgletscher. *a* ist der Gletscher, *b* die gürtelförmige Endmoräne, *c* die Felswände des Thales, *d* der Gletscherbach, *e* polirte und gestreifte Rundhöcker, *f* Wasserschliffe.

Von der zermalmenden Wirkung der Gletscher auf ihre Unterlage, der Reibung der Bruchstücke auf einander und der Zersetzung mancher Gesteinsarten in Regionen, wo der Wechsel von Frost und Aufthauen so gewöhnlich ist, besonders in wärmeren Jahreszeiten, kommt viel feingeriebenes Material unter den Einfluss von fliessendem Wasser, und findet seinen Weg in den Gletscher, seinen Seiten und seinem Grunde entlang. Bisweilen ist dieses so fein, dass es in die Zwischenräume zwischen das grössere Eis kommt, und dadurch das letztere von den mehr dichten Streifen unterscheidet. Diese Schmutzstreifen sind Erd- oder Sandtheilchen, die die Winde, die Lawinen und Wasserlöcher über das Eis verbreiten, und sie sind deshalb oberflächlicher Natur. Die Ströme und Flüsse, die aus Gletschern entspringen, führen eine grosse Masse von Schlamm und Sand in mechanischer Suspension mit sich. Diese fallen bisweilen in Seen und setzen das feine Sediment ab, andere haben einen längeren Lauf, wie die Durance, die das Gletscherwasser

Digitized by Google

des Monte Viso abführt, viele Nebenflüsse des Po, die durch Gletscherströme von der Südseite des Montblanc und andere italienische Theile der Hochalpen auf jeder Seite dieses Bergs gespeist werden.

Unabhängig von der Masse von Bruchstücken, die von einem Gletscher, wenn er im Vorrücken begriffen ist, getragen werden, pflügt derselbe den Boden vor sich her auf, drängt alle auf irgend eine Weise angehäuften lockeren Theil vorwärts und mit diesen Felder, Wälder und Häuser, die in seinem Wege stehen. Diese Anhäufungen nun, zu welchen noch die getragenen Blöcke und kleinen Felsstücke hinzukommen, wenn das Eis schmilzt, das sie vorwärts trug, bilden die Endmoräne, und durch ihre Lage weiss man, ob der Gletscher zurückweicht, vorrückt oder stationär ist. (S. Fig. 92, *b*.)

Dass Gletscher vorrücken, ist wohl bekannt und es findet dieses auf beträchtliche Entfernungen Statt, so dass manche Endmoräne, die in einer Zeit zurückgelassen wird, in einer anderen wiederum vorwärts gedrängt werden kann, wobei ein Theil von ihr so bei dem Vorrücken des Eises gefasst werden kann, dass er zum Furchen und Ritzen der festen Gesteine darunter dient, über die der Gletscher seinen Weg nimmt. Ungeheure Blöcke werden oft von den Gletschern bei ihrem Rückzug zurückgelassen; nicht bloss die Endmoränen bleiben zurück und bezeichnen ihre Ausdehnung für die Zeit und während der Periode ihrer Zunahme, sondern auch die ganze Last von Blöcken und Bruchstücken bis zu den neuen Grenzen der zurückgewichenen Gletscher.

Angenommen, dass ein Gletscher aus Ursachen, die zwar im Kleinen wechselnd, aber während beträchtlicher Zeiträume beständig sind, vorrückt und zurückgeht, so wird eine grosse Masse von Blöcken und Bruchstücken, die zu gross für die Fortbewegung durch Flüsse sind, entweder auf verschiedenen Theilen der Berggehänge oder in den Thälern innerhalb des Raumes der Zunahme und Abnahme dieser Eismassen in Gletschergegenden zurückgelassen. Die grosse und anhaltende Thätigkeit muss beträchtlich den ursprünglichen Zustand des Flächenraumes modificiren, selbst wenn keine Veränderung der Höhe der Berge in Bezug auf den Meeresspiegel Statt hat. Ohne eine weitere Veränderung des Klimas, als die, welche durch Anhäufungen von Schnee und Eis auf die durch geologische Ursachen in den kalten Theil der Atmosphäre emporgehobenen Felsmassen stattfindet, werden keine unbedeutenden Veränderungen der Oberfläche durch das Fallen der Felsbruchstücke hervorgebracht werden, von denen einige stranden und an verschiedenen Stellen liegen bleiben, während viele andere nach aussen in die benachbarten Thäler getragen werden. Lawinen helfen zu dem Herabführen von Gesteinsfragmenten, indem sie mit ihrem Schnee viele auf ein niedrigeres Niveau bringen, bisweilen auf Gletscher, bisweilen in tiefe Thäler fallen, wo die Bruchstücke der gewöhnlichen Einwirkung der Flüsse ausgesetzt werden.

Digitized by Google

Wenn man die allgemeinen Ursachen und Bewegungen der Gletscher in den Alpen zum Führer nimmt, so kann man einen Schluss auf das Vorkommen derselben in anderen Gegenden machen. Elie de Beaumont hat gezeigt, dass wegen des geringen Wechsels des Klimas in tropischen Gegenden Gletscher auf den dortigen Bergen, welche hinreichend hoch sind, um mit ewigem Schnee bedeckt zu sein, nicht vorkommen. Wo der Wechsel von Frost und Aufthauen, Schnee und Regen unzureichend ist, um die nöthige Menge Firn zu bilden, wenn der letztere die Quelle ist, aus welcher sich die Gletscher ergänzen, findet man die letzteren nicht. Blickt man deshalb auf die verschiedenen Gegenden der Erde, ihr wechselndes Relief in Bezug auf die Vertheilung von Hochland und Niederung, die verschiedene Wassermenge aus der Atmosphäre in Gestalt von Schnee, Hagel oder Regen, die Temperaturveränderungen während der verschiedenen Jahreszeiten und ihre Grösse, vorherrschende oder periodische Winde, die einen trocken, die anderen mit viel Feuchtigkeit, die Nähe oder Entfernung des Meeres; so hat man eine Menge modificirender Verhältnisse für die Gegenwart oder Abwesenheit und die geologische Wichtigkeit der Gletscher. Früher bezweifelte man die Gegenwart von Gletschern in der grossen Gebirgskette des Himalaya, aber jetzt kennt man deren mehrere. Die Höhe des unteren Theils des Pinder Gletschers ist ungefähr 11,300 Fuss über dem Meere, und die des Kuplini Gletschers 12,000 Fuss, welches bei der Grenze des ewigen Schnees in der Nähe von 15,000 Fuss für den ersteren einen Gletscherfall von 3700 Fuss, für den letzteren von 3000 Fuss giebt. (*Strachey* in *Jameson's Edinburgh New Phil. Journal*, Vol. XLIV, S. 119 und *Journal of the Asiatic Soc. of Bengal*, VIII, S. 794.) Der unterste Theil des Gletschers des Ganges ist nach Hodgson 12,914 Fuss über dem Meere.

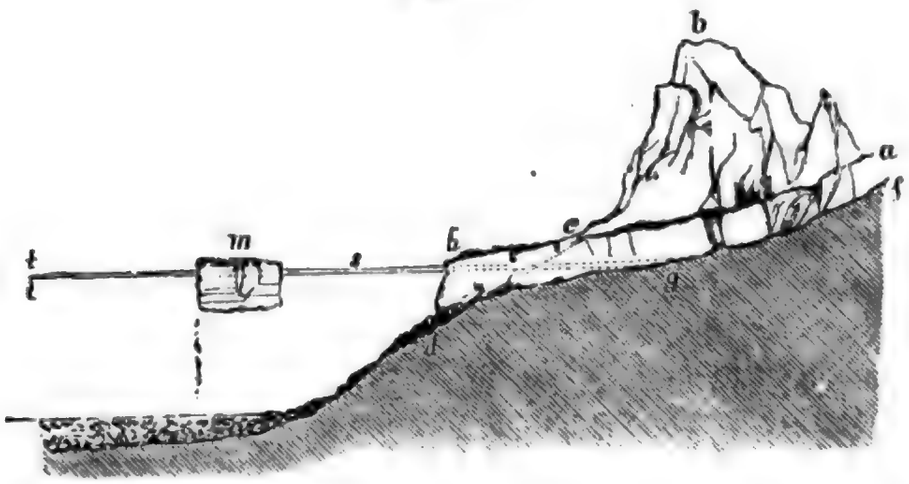
Geht man von den gemässigten Theilen der Erde, deren Gebirge sich hinreichend hoch in die Atmosphäre erheben, um eine beständige Schneedecke zu tragen, und wo deshalb die Bedingungen für das Herabsteigen von Gletschern in die benachbarten Thäler vorhanden sind, nach den nördlichen und südlichen Polargegenden, so findet man, dass die Gletscher nicht nur verschiedene Theile des Landes bedecken, sondern auch ins Meer vorspringen, indem die Linie des ewigen Schnees bis zu dem Niveau desselben sich gesenkt hat. Füllt man (Fig. 86) in Gedanken das Chamouni-Thal mit Meer bis zu der Höhe von ungefähr 4000 Fuss über das Dorf Chamouni (3425 Fuss über dem Meere) und darum so, dass die Linie des ewigen Schnees in runder Zahl bis auf ungefähr 1000 Fuss von dem Meeresspiegel geht, so sieht man leicht, dass zahllose Gletscher bis ins Meer reichen müssen, welche zermalmend auf die Gesteine wirken, die ihre Basis und ihre Seitenwände bilden, bis sie sich im Wasser befinden, so dass sie an ihren Enden schwimmen, wobei der Transport gefallener Trümmer in derselben

Digitized by Google

Weise wie jetzt fortdauert, bis der Gletscher das Meer erreicht. Hier werden sich die Verhältnisse für ihren weiteren Transport ändern. Statt der Endmoränen werden die Blöcke in tiefes Wasser fallen und die, welche jetzt von den Seitenmoränen fallen, werden auf grössere oder geringere Entfernungen von den neuen Ufern verbreitet. Modificationen werden auch durch die Zunahme oder Abnahme der Masse der Gletscher entstehen, vorausgesetzt, dass die nöthigen klimatischen Veränderungen stattfinden. Fügen wir dazu die Thätigkeit der Wellen, der Brandung, so begreift man leicht, dass die vorspringenden Theile der Gletscher nach einander abbrechen, besonders wenn die Gletscher durch Spalten geschwächt sind, die sich vor dem Vorrücken ins Meer auf dem Lande gebildet haben. Grosse Eismassen werden auf diese Weise mit ihren auf die gewöhnliche Weise angesammelten Moränen fortgetragen.

Diese Voraussetzungen finden sich in den Polargegenden realisirt, wo die Linie des ewigen Schnees bis nach dem Meere geht. Gletscher, welche sich in geringeren Höhen über dem Meere bilden, steigen dort an verschiedenen Orten bis zum Meeresufer, wie z. B. in einigen Theilen von Grönland und Spitzbergen, gehen selbst über dasselbe hinaus, so dass ihre Enden abgelöst und durch Fluth- und Meeresströmungen weiter getragen werden, wobei die Eismassen oft mit Felsstücken beladen sind, die sich von den Klippen und Höhen, zwischen denen sich die Gletscher vorwärts bewegten, gerade wie in den Alpen getrennt haben. *a b c d* und *e*, Fig. 93, sollen einen Durchschnitt eines Küstentheils längs

Fig. 93.



einer Schlucht oder Thaleinsenkung darstellen, in welcher ein Gletscher *f g c h* seinen Weg nach aussen ins Meer *s* findet, so dass er bei *h* an seinem Ende wegen seines geringeren specifischen Gewichts zum Meer schwimmt, wobei man sich erinnern muss, dass das Gletschereis weniger tief im Meere als in süssem Wasser sinkt. *t* soll der Spiegel eines Meeres mit Ebbe und Fluth bei gewöhnlichem Hochwasser sein, und *t t'* der Unterschied des Niveaus zwischen Ebbe und Fluth. Die gewöhnlichen Gletscherbewegungen und ihre Folgen gehen mit dem aus einem arktischen Klima folgenden Modificationen ununterbrochen fort,

Digitized by Google

wie in den Alpen von *f* nach *g*, wo der Spiegel des Meeres die Küste und den Gletscher schneidet, während von *g* nach *d* eine allmälige Veränderung in dem Glätten, Furchen und Ritzen der felsigen Seiten und der Auflagerungsfläche bemerkt wird, wenn durch das endliche Schwimmen des Eises der Druck gegen dieselben aufgehoben wird. Indessen würde immer noch unter dem Meeresspiegel das Glätten, Furchen und Ritzen stattfinden, und die Trümmer, welche noch über dem Meeresspiegel zwischen den Gletscher und seine Seitenwände, oder durch Spalten von hinreichender Tiefe gefallen sind, werden, von dem feineren Schutt begleitet, unter dem Spiegel des Meeres unter dem Eis hervorgezwängt werden. Bei dem Vorwärtsbewegen werden statt der Endmoräne eines Binnengletschers die Blöcke und Felsstücke der Seiten- und Mittelmoränen in das Meer fallen, und unter demselben in verschiedener Weise nach der Tiefe des Wassers und der Form der Küste sich anhäufen. Beispielsweise wird angenommen, dass sich bei *d* solche Blöcke anhäufen. Der feinere Schutt wird nicht wie in den Alpen durch fliessendes Wasser entfernt, indem seine Bewegung am Meeresspiegel *t* gehemmt werden würde, mit dem Unterschiede, der von dem Fallen der Ebbe bis auf *t'* abhängt. Seine weitere Bewegung nach aussen wird von dem specifischen Gewicht des Meeres abhängen, welches mit diesem Material in mechanischer Suspension beladen ist, und von der allgemeinen Bewegung des Gletschers. Wir haben gesehen, dass die trüben Wasser der Rhone leicht unter das klare Wasser des Genfersees sinken und sich über den Boden verbreiten, und es lässt sich erwarten, dass die trüben Wasser, die ihren Weg unter die arktischen Gletscher auf die gewöhnliche Art über dem Meeresspiegel finden, ebenfalls nach aussen unter dem Gletscher ausfliessen, besonders, wenn das Wasser bis zwischen den Gletscher und seine felsigen Wände und seine Basis geht und wenn wir die Bewegung des Gletschers selbst ins Auge fassen, welche darauf hinausgeht, Schlamm oder Thon zu entfernen, die so angehäuft sind, dass sie den freien Lauf des trüben Wassers unterbrechen. Wir müssen uns ausserdem erinnern, dass durch das Abschmelzen des Gletschers durch das Meer, der Salzgehalt des letzteren an solchen Orten gewöhnlich sehr vermindert ist. Berücksichtigt man alle Umstände, so ist grosse Wahrscheinlichkeit da, dass der feinere Schutt seinen Weg unter dem Gletscher ins Meer findet, um dort über seinen Boden je nach den Verhältnissen, den Fluth- und Meeresströmungen verbreitet zu werden. Längs steiler Küsten, wie die von Grönland, wo Gletscher so gemein sind, kann auf diese Weise viel Schlamm in dem dort gewöhnlich tiefen Wasser verbreitet werden, und in diesen Schlamm werden von Zeit zu Zeit vom Gletscher getragene oft beträchtlich grosse Gesteinsstücke fallen, so dass das Resultat ein ungeschichteter Thon ist, in welchem Gesteinsbruchstücke von sehr verschiedener Gestalt und Grösse vertheilt sind.

Digitized by Google

Der Transport von Trümmern durch Gletschereis, welches ins Meer vorspringt, hört in den kalten Gegenden der Erde nicht mit der Ausdehnung des Gletschers selbst auf; es unterliegt nicht nur an seinem Ende der Brandung, welche seine Basis unterhöhlt und endlich grosse Bruchstücke ins Wasser bringt, sondern auch dem Druck der Fluth- oder Meeresströmungen und der zertrümmernden Thätigkeit der auf- und niedergehenden Bewegung, die durch das Steigen und Fallen der Gezeiten hervorgerufen wird. Einige von den abgebrochenen und wie bei *m*, Fig. 93, mit einer Ladung von Blöcken und kleineren Trümmern fortschwimmenden Eismassen, welche bei den gewöhnlichen Binnengletschern der gemässigten Klimate nach der Endmoräne geführt werden, werden wie bei *e*, Fig. 93, bei ihrem Schmelzen und während eines langen Zeitraumes, keine geringe Masse von Blöcken liefern, die in den Thon oder Schlamm selbst in tiefem Wasser, wie in der Baffinsbai, verbreitet werden können.

Grönland ist eine Landmasse, die fast von ewigem Schnee und Gletschern bedeckt ist, von welchen letzteren viele über den Lauf der Küste vorspringen. Man weiss, dass an ihrem Ende oft Stücke von der Hauptmasse getrennt werden und wegschwimmen, und eingeschlossene oder getragene Gesteinstrümmer selbst bis Neufundland und darüber hinaus geführt werden. In dem westlichen und gebirgigen Theile von Spitzbergen reichen die Gletscher bis in das Meer und zeigen Eisklippen von 100 bis 400 Fuss Höhe. Etwas nördlich vom Horn-Sund nimmt ein grosser Gletscher drei Meilen an der Meeresküste ein, und sein höchster Theil erhebt sich in einer Klippe von 400 Fuss über das Wasser. Auch an der Ostküste von Nordost-Land finden sich grosse Gletscher.

Martins erwähnt, dass die Gletscher von Spitzbergen gewöhnlich eben und nicht viel unterbrochen sind, und vergleicht den Aletsch-Gletscher mit denen von Spitzbergen. Es giebt Seiten-, aber keine Mittelmoränen, und die ersteren gehen mit dem Gletscher in das Meer. Er schätzt die Eisklippen, welche sich über das Meer erheben, wie frühere Beobachter gethan haben, auf eine Höhe von 30—120 Meter, und bemerkt, dass das untere Ende der Gletscher auf Wasser ruht. Was die Höhe und die Neigung der Gletscher von Spitzbergen angeht, so schätzt er den Unterschied zwischen dem Fusse und der Spitze eines Gletschers im Bell-Sund auf 1150 Fuss und seine Neigung auf 10°. Der Hauptgletscher vom Bell-Sund soll auch in Folge seiner bedeutenden Länge fast horizontal sein. Eugen Robert, der ebenfalls Spitzbergen besuchte, berichtet über die Zerstörung des Eises durch die Brandung und glaubt, dass das Eis sehr stationär ist, wo diese nicht stattfindet. Durocher bemerkt ebenfalls aus eigener Anschauung, dass die Gletscher sich dort nicht höher als 1300 — 1650 Fuss über das Meer erheben; der Schnee über ihnen habe nicht den Charakter

Digitized by Google

des Firns, indem er zu sehr über die zu seiner Entstehung nothwendigen Bedingungen erhoben ist.

Die Eismassen, welche vom Lande losgelöst umherschwimmen und die als Eisberge bekannt sind, sind bisweilen von sehr beträchtlicher Grösse. Die folgende Fig. 94 ist die Ansicht eines Eisberges, den

Fig. 94.

Parry auf seiner ersten Reise sah, und ist interessant, nicht nur weil sie die Grösse dieser Eismasse, von der bei weitem der grösste Theil unter dem Meere verborgen ist, sondern weil sie auch etwas von ihrer Structur zeigt. Solche Eismassen, die oft lange Zeit in einem hohen Breitegrade gestrandet bleiben, können mit Schnee bedeckt und durch abwechselnden Frost und Aufthauen oder selbst gefrorenen Regen bedeckt werden, so dass ihre oberen Theile in dem Zustande des Firns sein und die Reste alter Moränen bedecken können, die auf gewöhnlichem Gletschereis ruhen. Was das Letztere angeht, so dürften in Gegenden, wo die Linie des ewigen Schnees sich dem Niveau des Meeres nähert und dasselbe selbst schneidet, oft die Verhältnisse zur Firnbildung stattfinden, und man hat gefunden, dass Eisberge in der That häufig diesen Charakter tragen.

Die nördlichen Eisberge kann man als die grossen Träger von Gesteinsstücken von oft bedeutender Grösse über einen Theil des nördlichen Atlantischen Oceans betrachten, von jenen Ländern, wo die Eisberge als Theile von Gletschern gebildet wurden, welche sie auf den Boden in verschiedenen Richtungen vertheilen, und zwar über Theile davon, wohin jetzt keine andere Ursache Detritus bringt. Couthouy erwähnt einen Eisberg mit Gesteinsblöcken darauf in 36° 10′ N.-B. und 39° Westlänge von Greenwich. Derselbe erzählt, dass er sehr häufig auf seinen Reisen zwischen Amerika und Europa zwischen dem 36sten und 42sten Breitegrade Eisbergen begegnet sei. Blöcke und kleinere Gesteinstrümmer können dergestalt selbst auf nackte Felsen und

Digitized by Google

auf jede Art von ungleichem Boden fallen. Wenn ein beständiger Zufluss von felstragenden Eisbergen in eine anhaltende Strömung kommt, so sind entsprechende Linien von Ablagerungen die Folge, wenn man ein Schmelzen von Eismassen von verschiedener Grösse in verschiedenen Zeiten und Entfernungen während ihres Fortschritts in einer solchen Strömung annimmt. Diese Linien haben keinen Bezug auf die Form des Grundes oder seine Modificationen durch irgend andere Ablagerungen, die jetzt oder in früheren geologischen Zeiten angehäuft wurden. Wenn die Eisberge nahe am Ufer oder auf Schlamm oder Sandbänken stranden, so werden sie sehr den unter ihnen liegenden Detritus umwühlen können, besonders wenn sie von den Wellen nach einem heftigen Sturme oder durch das Steigen und Fallen der Gezeiten bewegt werden. Das heftige Stossen solcher ungeheuren Massen, wie einige von diesen Eisbergen sind, wird grosse Unordnung in den ruhig stattgehabten Ablagerungen hervorbringen, und an manchen Orten werden Blöcke und Gesteinsstücke mit Grand, Sand und Thon unregelmässig durch die Thätigkeit einer solchen Kraft gemischt werden, und es können sonderbare Vermischungen und Biegungen einer früher geschichteten Structur hervorgebracht werden. Die Eisberge, welche auf der Bank von Neufundland stranden, müssen grosse Störungen des Bodens hervorbringen und ihm oft grosse Blöcke und kleinere Gebirgsstücke zufügen, die sie von nördlicheren Gegenden herabgebracht haben.

Gletscher, welche das Meer erreichen, finden sich auch in der südlichen Polarzone. James Ross erwähnt einen grossen Gletscher auf Aetna-Eiland in den südlichen Shetland-Inseln, welcher von einer Höhe von 1200 Fuss sich in den Ocean senkte, wo er eine senkrechte Klippe von 100 Fuss Höhe bildete. Nahe am Ende des Gletschers fand Ross die grösste Masse von Eisbergen zusammen, die er je gesehen hatte, und die offenbar sich von ihm losgelöst hatten. Auch in der Admiralitäts-Kette auf Victoria-Land, die 7000 — 10,000 Fuss hoch ist, sah Ross Gletscher, die weit in das Meer vorspringen, während im Inneren des Landes nackte Felsen durch die Eisdecke durchbrechen. Wie in den nördlichen Polarzonen, müssen diese Gletscher Gesteinstrümmer, die auf sie fallen, mit sich führen, müssen auf die harten Felsen, über die sie gleiten, zermalmend wirken, und feinen Detritus in den benachbarten Meeresgrund führen, wenn die Temperatur eine solche ist, dass Wasser zwischen dem Eis und dem Gestein fliessen kann. Da ein grosser Theil der südlichen Länder vulkanisch ist, so lässt sich erwarten, dass, wie in Island, vulkanische Eruptionen und Erhitzungen des Bodens oft ein plötzliches Schmelzen des Schnees und Wasserfluthen hervorbringen, die ihren Weg ins Meer finden. Auf diese Weise können nicht nur vulkanische Aschen und Rapillen und auch grössere aus den Kratern ausgeschleuderte Massen in ein niedrigeres Niveau

Digitized by Google

oder ins Meer bewegt werden, sondern auch Gesteinsstücke, welche von den Klippen oder steilen Felsen durch die Verwitterung losgelöst und auf Schnee oder Eis gefallen sind, wobei man die Wirkung der in vulkanischen Ländern so häufigen Erdbeben auf Gletscher und Schnee nicht vergessen darf, besonders dort, wo es grosse Lawinen giebt.

Obgleich der grosse Eiswall der Südpolarländer auf den ersten Anblick keine grosse Wichtigkeit für den Transport von Mineralstoffen zu haben scheint, so hat man doch gefunden, dass unter gewissen Umständen losgelöste Eisstücke eine bedeutende Menge von Schlamm, Sand und Felsstücken von verschiedener Grösse in wärmere Klimate tragen und ihre Ladung über den Boden des Meeres ablagern. Dieser Eiswall gewährt einen sehr merkwürdigen Anblick und erstreckt sich über eine weite Entfernung mit Eisklippen von 150 — 200 Fuss über dem Meere, mit vor ihnen herumschwimmenden grossen Eisstücken, wie in Fig. 95, welche eine grosse abgelöste Masse in einem langen

Fig. 95.

Meeresarme oder einer Bucht in dem Eiswalle darstellt. Wegen des relativen specifischen Gewichts des Eises und Seewassers geht das erstere natürlich von dem Spiegel des Meeres bis zu einer Tiefe, welche man berechnen könnte, wenn das Eis gleichförmig und von bekanntem specifischen Gewicht wäre. Dies ist indessen durchaus nicht der Fall, denn die Schichten, aus welchen es besteht, scheinen zum Theil den Charakter des Firns der höheren Theile der Gletscher der gemässigten Zone zu besitzen, und aus abwechselndem Schnee, Schlossen, gefrorenem Nebel und Regen und den abermals gefrorenen Theilen gebildet zu sein, welche in den Sommermonaten durch den Einfluss der Sonne aufgethaut sind. Da Ross abgetrennte Theile dieses Eiswalles 15 Meilen von seinem Hauptrande und 50 Meilen von Victoria-Land in 1560 Fuss Wasser aufgefahren fand, so muss das Eis dort wenigstens von grosser Mächtigkeit sein.

Die grosse Tiefe des Meeres, welche Ross nicht weit von dem Eiswalle entfernt fand, zeigt, dass das Eis vom Meere getragen wird, und nicht auf dem Boden ruht, obgleich die Masse im Allgemeinen am Lande festgehalten wird, oder dass es in geringeren Tiefen auf Schlamm, Grand, Sand oder festem Gesteine lagert. Es ist klar, dass das Eis in seiner Tiefe durch die Temperatur des Wassers beschränkt ist, in welche es hinabsteigt. Wir haben früher gesehen, dass bei einer Tiefe von 4500 Fuss das dichteste Wasser mit seiner Temperatur von 4,1 C. ziemlich beständig herrscht, während das Wasser in den oberen Theilen des Meeres nach den Jahreszeiten in seiner Temperatur wechselt. Im Januar 1841, folglich im Sommer dieses Theils der Erde, fand Ross ungefähr 3 — 4 Meilen von dem Eiswalle eine Temperatur von 0,55 Cels. in einer Tiefe von 900 Fuss, eine Temperatur, die bei ihrer wahrscheinlichen weiten Verbreitung auf den unteren Theil der grossen ins Meer herabsteigenden Eismasse wirken muss.

Da jährlich zahlreiche und grosse Eismassen von dem grossen Eiswalle am Victoria-Lande losgelöst werden und in wärmere Gegenden schwimmen, so entsteht die Frage, wo der Ersatz für diesen Verlust herkommt. Die grosse Mächtigkeit der abgelösten Masse macht es wahrscheinlich, dass es nicht Theile sind, die an den Grenzen der Hauptmasse während gewisser Jahreszeiten gebildet und später abgebrochen wurden, um von Neuem ersetzt zu werden, sondern dass sie vielmehr wesentliche Theile der Hauptmasse waren, die zu derselben Zeit und auf dieselbe Weise, wie die letztere, gebildet wurden. Nach dieser Ansicht besteht eine Bewegung dieser Masse nach aussen, die hinreicht, um die jährliche Verkleinerung durch die Eisberge am äusseren Rande zu ersetzen. Eine solche, wenn auch sehr langsame Bewegung würde doch eine entsprechende Wirkung auf den Seeboden hervorbringen, über welchen diese grosse Eismasse sich bewegte, würde zermalmend und furchend auf die festen Gesteine und die Geschiebe wirken, ganz in der Weise, wie ein gewöhnlicher Gletscher, obgleich über einen weit bedeutenderen Flächenraum. Geröllschichten, die von irgend einer früheren Beschaffenheit von Land und Wasser herrührten, könnten so gut wie irgend ein anstehendes Gestein geritzt, Gerölle könnten gegen Gerölle bewegt werden, in Richtungen, die im Allgemeinen parallel wären und zwar über sehr weite Flächenräume.

Da die verschiedenen Schichten, aus denen der Eiswall besteht, Anhäufungen aus atmosphärischen Ursachen anzeigen, so müsste, wenn das Schmelzen der Schichten darunter nicht der Ablagerung von Schnee, Schlossen oder Nebel und dem während seinem Fall gefrorenen Schnee gleich wäre, eine fortwährende Zunahme von Eis stattfinden. Die Gleichheit der Höhe in den Eisklippen und der tafelförmige Charakter der Oberfläche des Walles nach dem Lande hin deutet auf irgend eine Ursache mit einer ausgedehnten und einförmigen Wirkung, die die

Digitized by Google

Masse in einer im Allgemeinen gleichförmigen Dicke erhält. Die Temperatur des Meeres in einer gehörigen Tiefe ist hinreichend, dies zu bewirken, indem jede Vermehrung der Masse von oben, so lange sie sich ins Wasser senkt und nicht auf dem Meeresboden ruht, durch das Schmelzen der unteren Fläche compensirt wird, die durch die oben zunehmende Anhäufung herabgedrückt wird.

Wilkes sucht die Bildung des Eises zumeist in gewöhnlichen Eisfeldern, auf denen sich Regen, Schnee und selbst Nebel so anhäufen, dass die herabsteigende Masse auf den Grund kommt, und ein Theil sich nach aussen in tieferes Wasser zieht und schwimmt, wenn die Verhältnisse es gestatten.

Grosse losgelöste Massen dieses Eiswalls schwimmen, durch Strömungen und vorherrschende Winde getragen, nach gemässigten Zonen. Die folgende Skizze, Fig. 97, giebt eine Idee von dem tafelförmigen Cha-

Fig. 96.

rakter zahlloser Eisberge, ehe sie in gemässigten Zonen zu stark geschmolzen sind, und zeigen auch das geschichtete Ansehen. James Ross fand viele in ungefähr 63° 30′ S. Breite mit tafelförmiger Oberfläche, 120 — 180 Fuss hoch und einige mehr als eine Viertelmeile im Umfang. Sie waren im Zerfallen begriffen, und ihr Lauf wurde durch losgerissene Eisstücke bezeichnet. Hinsichtlich der Art und Weise, auf welche Eisberge von der Hauptmasse des Eiswalls getrennt werden, und wegen der geringen Anzahl, die er in der Nähe derselben während der Sommermonate bemerkte, vermuthet Ross, dass sie hauptsächlich während des Winters losgetrennt werden, weil die Temperatur-Differenz des Meeres und der Luft dann so gross ist, während sie sich im Sommer immer gleich bleibt. Er verweist auf die grossen, oft stundenlangen Spalten, die man in dem Eise der nördlichen Polarzone nach einem Falle von 15 — 20° in der Temperatur sieht, und besonders gut in den Süsswasserseen, wo die plötzlichen Risse von lauten Schlägen begleitet sind. Die ungleiche Ausdehnung des Eises, welches einer Temperatur von — 30° bis — 45° Cels. ausgesetzt wird, während darunter die Temperatur 5 — 2° Cels. über dem Nullpunkt beträgt, muss, nach

Digitized by Google

Ross, die Trennung grosser Massen von Eis bewirken. So wenig auch die Thätigkeit der Wellen eine so niedrig unter die Oberfläche des Meeres herabsteigende Masse afficiren kann, so muss man doch erwarten, dass der Einfluss eines Steigens und Fallens der Gezeiten sich fühlbar macht, und abwechselnd einen Theil hebt oder senkt, besonders während der Springfluthen, so dass, wenn sich Spalten bilden, diese sehr beständige auf- und niedergehende Bewegung auch Massen von dem äusseren Rande des Walles trennen muss.

Wie zahlreiche Eisberge nichts als die abgetrennten Theile des grossen Eiswalles sind, welche nicht auf dem Meeresgrunde geruht haben, und deshalb keine Mineralstoffe in wärmere Klimate führen, mit Ausnahme etwa von vulkanischen Aschen oder Rapillen, die über die Eisfläche aus solchen vulkanischen Mündungen, wie der Vulkan Erebus, geworfen werden und sich mit Eis und Schnee schichten, so führen andere keine geringe Menge von Schlamm, Sand und Gesteinsstücken von verschiedener Grösse nach aussen. Wir haben Nachrichten von einigen mit solchem Detritus und mit Blöcken beladenen Eisbergen, bei welchen manche Blöcke mehrere Tonnen wogen. Die abgetrennten Theile der Gletscher, wie die, welche von der Admiralitätskette herabsteigen, müssen die auf sie fallenden Fragmente weiter führen, wie in den nördlichen Polarländern. Neben dem so Fortgeführten ist es bekannt, dass grosse Eisberge, welche auf dem Meeresboden geruht haben, oft umkippen, so dass der Schlamm, Sand und die Gesteinsstücke, die unten anhängen, plötzlich nach oben kommen und eine grosse Veränderung in der gegenseitigen Lage von solchem Detritus schnell herbeigeführt wird. Ross erwähnt einen Eisberg, der plötzlich in der Nähe von Victoria-Land umstürzte und einen Theil des Grundes 100 Fuss über die Oberfläche des Meeres brachte, so dass man ihn für eine früher nicht gesehene Insel hielt. Auf diese Weise kann Detritus nicht nur direct von dem Lande auf abgelösten Theilen von Eisbergen transportirt werden, sondern es können auch Schlamm, Sand und Steine eines Meeresgrundes mehrere hundert Fuss gehoben und auf grosse Entfernungen in mildere Klimate geführt werden. Eine etwas anhaltende Zufuhr und ein im Allgemeinen bestimmter Lauf des schwimmenden Eises durch Strömungen und vorherrschende Winde, würde eine ungeheure Masse Detritus über den Meeresgrund vertheilen, wobei Sand, Schlamm und Gesteinsstücke von verschiedener Grösse vermischt sind.

Obgleich das feinere Material längere Zeit braucht, um sich im Meere zu Boden zu senken, und zwar zuweilen in eine Tiefe, die, nach Ross, im Südpolarmeere 12,000 Fuss beträgt, und sich weithin und in einer gleichmässigen Weise über den Grund zu verbreiten, die verschiedenen Ungleichheiten auszufüllen, und sowohl die Spitzen wie die nicht allzu steilen Seiten von untermeerischen Hügeln zu bedecken, so

Digitized by Google

werden die grossen Trümmer doch mehr unregelmässig auf und in das feinere Sediment fallen. Submarine Bergspitzen müssen von ihnen ebensowohl bedeckt werden wie die Einsenkungen, und sie werden sich zuweilen tief in den Schlamm vergraben, wie sich das Senkblei bei einer Tiefmessung durch Ross in 2400 Fuss Tiefe, in einer Entfernung von 25 Meilen von Victoria-Land zwei Fuss tief in einen feinen grünen Schlamm versenkte. Dieser feine grüne Schlamm bildet meistens in der Nähe von Victoria-Land den Meeresgrund, und besteht zum grössten Theile aus kieselschaligen mikroskopischen Algen, den sogenannten Diatomaceen, gemischt mit zersetzten Gesteinstheilchen und Sand, zuweilen aber auch aus einer weissen oder grünen Schicht, die sonst nur aus den Kieselschaalen dieser infusoriellen Pflanzen bestehen. Da Eisberge in dieser südlichen Breite oft gefärbt sind, so kann dieser Schlamm weit verbreitet werden und sich unregelmässig mit Sand und grossen Gesteinsbruchstücken mischen, wenn die Eisberge schmelzen und ihre mineralische Ladung fallen lassen.

Cook fand schon vor langer Zeit (1777), dass auf der gebirgigen Insel von Süd-Georgien zwischen 53° 57′ und 54° 57′ Südbreite Gletscher sich bis ins Meer erstrecken, von denen losgerissene Massen fortschwimmen und sich in gewissen Richtungen durch Meeresströmungen und vorherrschende Winde verbreiten. Die folgende Ansicht von Possession-Bai auf jener Insel in 54° 5′ S.-Br. zeigt uns einen Gletscher,

Fig. 97.

der in ein Meer reicht, dessen Tiefe beträchtlicher war, als die der gebrauchten Tiefleine (204 Fuss). Cook erzählt, dass das Ende der Bai und zwei Stellen an jeder Seite sich mit senkrechten Eisklippen von

Digitized by Google

beträchtlicher Höhe endigten. Fortwährend brachen Stücke ab und schwammen fort, und ein grosser Fall fand während seines Aufenthaltes in der Bucht Statt (17. Jan. 1775), was einen Schall wie Kanonendonner verursachte. Er macht auch darauf aufmerksam, dass der Grund der Buchten in diesem Lande gewöhnlich mit Gletschern erfüllt ist, die eine Menge von Eisbergen liefern, und es lässt sich erwarten, dass dieselben aus den Bergen, aus denen sie ihren Weg nach der Küste finden, manchen Felsblock mit sich führen und auf dem Boden des Meeres weit von Süd-Georgien ablagern. An der ganzen untersuchten Küste sah man keinen Bach oder Fluss, obgleich es Sommer war. Cook erwähnt auch mit Gletschern erfüllte Buchten, die von den Höhen von Sandwich-Land, welches er im Südosten von jener Insel entdeckte, herabstiegen.

Gehen wir von dem fernen Südlande und den Inseln nach dem Feuerlande, zwischen 52° 30′ und 56° Südbreite, eine Breite, die der des grösseren Theils vom nördlichen Deutschland, Holland, Dänemark und England zwischen Birmingham und Edinburg entspricht, so findet man, dass in der Magelhaens-Strasse die Linie ewigen Schnees sich zwischen 3500 und 4000 Fuss über dem Meere findet, und Gletscher bis ins Meer gehen*). Darwin giebt an, dass an der Nordseite des Beagle-Canals, einer merkwürdigen Meerenge, die von Osten nach Westen den südlichen Theil des Feuerlandes durchschneidet, die Berge mit ewigem Schnee bedeckt sind, von dem aus an manchen Orten prachtvolle Gletscher bis zum Wasserrande gehen, und von diesen lösen sich Bruchstücke ab und schwimmen als kleine Eisberge im Meere herum. Er erzählt auch, dass Gletscher längs der ganzen Westküste des südlichen Theiles von Südamerika vorkommen. Selbst in 48° 30′ S.-Br. gehen noch Gletscher ins Meer. Eyre's Sund endigt mit Gletschern, die von der Kette der Sierra Nevada im Osten herabkommen. Bynoe sah 5 Meilen von dem Ende des Sundes zahlreiche lose Eismassen herumschwimmen und fand auf einer von diesen einen eckigen Granitblock von würfelförmiger Gestalt und 2 Fuss im Durchmesser,

*) Darwin giebt die folgende meteorologische Tafel für das Klima in Port Famine, in der Strasse von Magelhaens und von Dublin:

	Breite.	Sommer-temperat.	Winter-temperat.	Differenz.	Mittlere Temperat. d. Somm. u. Wint.
Dublin	53°,21 N.	15°,30 C.	4°.0 C.	11°,30 C.	9°,65 C.
Port Famine . . .	53°,38 S.	10°, 0 C.	0°,6 C.	9°, 4 C.	5°,30 C.
Differenz	0,17	5°,30 C.	3°,4 C.	2°,26 C.	4°,35 C.

Digitized by Google

der zum Theil noch in dem theilweise abgeschmolzenen Eise eingebettet lag. Dieser Sund liegt in einer Breite, die in der nördlichen Hemisphäre der von Paris entspricht. Darwin *) erwähnt selbst einen Gletscher im Meeresniveau in 46° 40′ S.-B. im Golf von Penas, der bis ans Ende von Kelly-Hafen reicht, und macht darauf aufmerksam, dass hier Gletscher sich ins Meer erstrecken, nur neun Grad von einer Breite entfernt, wo Palmen wachsen, weniger als $2^1/_2$ Grad von baumartigen Gräsern, und wenn man in derselben Hemisphäre nach Westen blickt, weniger als zwei Grad von parasitischen Orchideen und weniger als einen Grad von Baumfahren.

Der Transport von Mineralmassen durch schwimmendes Eis ist nicht auf Theile von Gletschern beschränkt, die abgebrochen sind, wo sie sich ins Meer erstreckten, oder auf Massen, die von grossen zusammenhängenden Eisketten, wie dem grossen Eiswalle am Victoria-Land, losgerissen wurden, welche auf dem Boden ruhten, sich später überkippten und Gesteinsfragmente, Sand und Schlamm nach oben brachten, oder die während ihres Fortschwimmens einen Theil des Meeresgrundes fortschoben und den unten anhängenden Detritus auf verschiedene Entfernungen führten. Flüsse entfernen in Ländern, wo die Temperatur hinreichend niedrig ist, keine geringe Menge solcher Stoffe durch Eis in ihrem Laufe, und Küsteneis verbreitet dieselben vielfältig in verschiedenen Richtungen. Die Art und Weise, wie die Flüsse Schutt fortführen, kann man oft mit Vortheil an Bächen und Flüssen studiren, wenn plötzliches Thauwetter dieselben mit Wasser füllt und das Eis hebt, welches Grus, Sand oder Stücke von zusammengefrorenem Schlamm vereinigt hält. Je nach dem relativen specifischen Gewichte der losgelösten Theile von Eis, Steinen, Sand und Schlamm werden sie sich fortbewegen, ein grösseres Gerölle vielleicht tief im Eis festhalten, welches hingeschleppt wird und die Spuren seines Weges auf dem Boden zurücklässt. Andere Theile schwimmen leichter weiter, nehmen eine rotatorische Bewegung an, und lassen, indem sie an einander reiben, einen Theil ihrer Ladung, besonders den schwersten, fallen, während sie hier und da in den Stromengen eingeengt werden und auf seichten Stellen stranden, wo sie zum grössten Theil bleiben, bis bei weiterem Aufthauen das Eis schmilzt und der Fluss in der gewöhnlichen Weise mit dem Schutt verfährt **).

Der Transport von Mineralsubstanzen, den man in einem solchen

---

*) Siehe Charles Darwin, Naturwissenschaftliche Reisen, herausgegeben von E. Dieffenbach. Braunschweig, bei Fr. Vieweg. Band I, S. 257. 279.

**) Es ist bei der Fortschaffung von Felstrümmern und anderen Mineralmassen durch Flusseis auch der Wirkung des auf dem Boden des Flusses sich bildenden sogenannten Grundeises zu gedenken, wodurch, z. B. in Bonn, die auf dem Grunde ruhende schwere Kette der Schiffbrücke gehoben

Digitized by Google

kleinen Maassstabe oft und leicht sehen kann, geht in vielen grossen Flüssen in einem grösseren Maassstabe vor sich, wo die Grösse der hervorgebrachten Wirkungen unsere Aufmerksamkeit leichter auf sich zieht. In den Gegenden, wo auf grossen Flüssen sich während eines Theils des Jahres Eis findet, und dieses gerade in der Zeit da ist, wenn der Wasserzufluss am schwächsten und das Niveau des Flusses am niedrigsten ist, werden die Bruchstücke von Gesteinen, Gerölle, Sand und Schlamm der Ufer und seichten Stellen gleichsam zu einem Stücke der Eisdecke, wenn sie sich ganz über den Fluss erstreckt. Diese wird leicht zerbrochen, geboben und den Fluss hinabgetragen, wenn das Wasser des Flusses steigt, ehe eine allgemeine Zunahme der Temperatur das Eis auf den Bänken, Untiefen oder der Oberfläche des Flusses schmilzt. Es ist klar, dass der Transport des Detritus, wie in den kleinen Bächen, von den Umständen abhängt, und dass, während viele Theile auf weite Entfernungen geführt werden, andere an den verschiedenen Orten verbleiben; bisweilen werden Bruchstücke von Gesteinen an Stellen geführt und dort angehäuft, wo die gewöhnliche Kraft des Flusses sie nicht leicht fortbewegen kann, die in der That bisweilen ganz ungenügend für diesen Zweck ist. Wir kennen verschiedene Beispiele, wo auf diese Weise Detritus durch das Eis der Flüsse thalwärts geführt wurde. In einem grossen Maassstabe kann man dies am St. Lorenzstrom studiren. Bayfield zeigte, dass dort, wo im Winter die Temperatur bisweilen auf — 34°5 C. fällt, grosse Geschiebe sich in dem Eise befestigen und auf beträchtliche Entfernungen auf der Oberfläche des Wassers im Frühjahr getragen werden. Untiefen sind dick mit ihnen bedeckt. Da die Bedingungen für das Festhalten von Blöcken und Gesteinsstücken in dem unteren Theil des oft rasch fortbewegten Flusseises günstig sind, so müssen da, wo die Massen auf dem Boden herstreichen, über welchen die Wassermassen von hinten sie vorwärts drängen, und wo sich grosse Eismassen anhäufen, viele Furchen und Streifen entstehen, je nach der relativen Härte der Gesteine, auf welche die Einwirkung geschieht, und der vom Eis getragenen Stücke je nach dem Druck der Eismasse und des Detritus und nach der Schnelligkeit, mit welcher die Masse auf eine felsige Bank oder Untiefe getrieben wird.

In Eis gefasste Felsstücke, welche sich in reibender Bewegung gegen die aus verhältnissmässig tiefem Wasser sich erhebenden Klippen befinden, wie sie häufig an den Biegungen von Flüssen vorkommen, werden auch horizontal die Felsen kratzen und abreiben, je nach ihrer relativen Härte, wobei die gewöhnliche Wirkung des Flusses zur Ent-

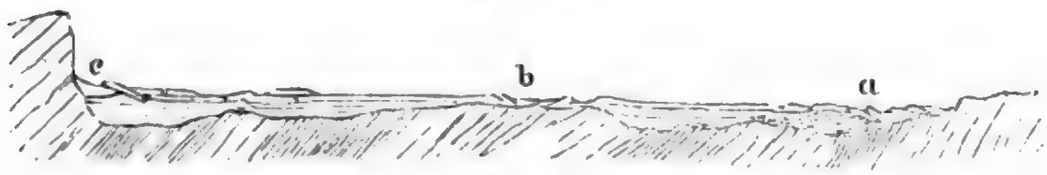
---

wird und auf dem Wasser schwimmt. v. Dechen hat darüber interessante Erfahrungen mitgetheilt in den Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der Rheinlande 1851.

Digitized by Google

fernung dieser Zeichen nicht hinreicht, obgleich sie durch atmosphärische Einflüsse bei niedrigerem Wasserstande des Flusses ausgelöscht werden können, besonders da, wo die Gesteinsklippen aus etwas unzusammenhängendem Material bestehen. Während demnach manche vom Eis getragene Blöcke und Gesteinstrümmer die horizontale Oberfläche eines Felsenkammes bei *b*, Fig. 98, furchen und ritzen, und andere

Fig. 98.



vom Eis gefasste zu derselben Zeit den Fluss hinunter getragen werden und die vertikale Klippe bei *c* streifen und abnutzen, so könnte eine andere Ansammlung dauernde Spuren ihres Wegs auf früher vom Eis getragenen Geschieben zurücklassen, die aus localen Ursachen bei *a* angehäuft waren. Auf solche Weise können grosse abgerundete Felsstücke mit kleineren Geröllen nach dem Golf des St. Lorenz getragen werden, und andere fallen, nachdem sie auf ihrem Wege über harte Felstrümmer oder über Geschiebe in seichtem Wasser gekratzt wurden, an Orten, wo solche Zeichen nicht durch irgend eine Reibung entfernt werden, und können sich dort mit feinerem Detritus, selbst mit aus dem Wasser abgesetztem gewöhnlichen Schlamm anhäufen. Auf diese Weise könnte das Streifen der festen Felstrümmer und der schweren gestrandeten Geschiebe an seichten Orten bewirkt werden, und die Geschiebe und Gerölle, wodurch dieses bewirkt wurde, könnten ebenfalls oft geritzt und unter günstigen Umständen fortgeführt und mit diesen Zeichen in feinem Sediment an Orten abgelagert werden, wo die Wellen oder die Brandung sie nicht mehr erreichen und die Spuren verwischen kann.

Die grossen Flüsse des nördlichen Europa, Asien und Amerika, die sich in das Polarmeer ergiessen und von einem wärmeren in ein kälteres Klima fliessen, bieten uns Verhältnisse dar, wo das Eis an den Mündungen früher entsteht und länger fortdauert, als an ihrem Ursprung. Die Folgen davon sind sehr interessant, da bei dem Schmelzen des Schnees und Eises nach Süden Ueberschwemmungen entstehen, und diese nach den Mündungen der Flüsse auf die Hindernisse des Eises treffen. In Folge davon kommt es nicht selten vor, dass, wenn der Widerstand des Eises plötzlich überwunden wird, dasselbe gewaltsam emporgehoben und zerbrochen und zum Theil auf die Seite geworfen wird, mit grösseren oder kleineren Gesteinsfragmenten, die damit verbunden sind. Murchison hat die auf diese Weise hervorgebrachten Bänke von Gesteinsfragmenten an den Seiten der Flüsse in Russland nachgewiesen und erwähnt ausdrücklich diese Rücken von

Digitized by Google

eckigen Gesteinsstücken nach der Mündung der Dwina zu. Dort kommt ungefähr 110 Wersten von Archangel weisser Kohlenkalkstein vor, und das in seine Klüfte und Fugen eintretende Wasser trennt diese beim Frieren, so dass sie später in das dem Ufer benachbarte Eis einfrieren und von ihm fortgeführt werden. Durch das auf diese Weise bewirkte plötzliche Steigen des Wassers wird mancher Gesteinsblock über Niederungen geführt und strandet in seichtem Wasser, oder wird bisweilen auch nach dem Meere gebracht, und fällt in feinem Sediment nieder, dessen weiterer Transport ebenfalls während dieser plötzlichen Wasserentleerungen begünstigt ist. Das Drängen und Aufthürmen der zerbrochenen Eismassen wird ebenfalls das Streifen und Reiben der zwischen sie gerathenen Blöcke und Gesteinsbruchstücke begünstigen, und solche Blöcke und Fragmente können auch oft an Orte gebracht werden, wo die auf diese Weise hervorgebrachten Zeichen unter den vorhandenen Umständen nicht obliterirt werden.

Wenn wir den Zustand von Seeküsten in den Gegenden betrachten, wo die Temperatur während eines Theils des Jahres hinreichend niedrig ist, so dass sich Eis auf ihnen bildet, welches in die Substanzen, aus welchen die Küsten bestehen, eindringt, und Blöcke von Fels, Trümmern, Sand und selbst Schlamm mit den Resten der dort vorkommenden Meeresthiere in eine feste Masse vereinigt, so sehen wir, dass, wenn die wärmere Jahreszeit in solchen Gegenden herankommt, mineralische Stoffe leicht von einem Orte zum anderen bewegt werden können, wenn das Küsteneis aufbricht.

Beim Aufbrechen dieses Küsteneises, welches bisweilen auf seichtem Boden ruht und zu anderen Zeiten tiefes Wasser bedeckt, lässt sich eine bedeutende Reibung der Massen am Ufer erwarten, welche die Seiten der Klippen und den seichten Felsenboden ritzen und furchen, wenn Geschiebe oder andere Gesteinsbruchstücke ins Eis eingefroren sind, so dass sie mit einander in Berührung gebracht werden. Die wirkende Kraft ist oft sehr beträchtlich, indem grosse Eisschollen in Bewegung gesetzt und unter ungeheurem Krachen gegen das Land getrieben werden, so dass sie nicht nur auf Ufereis wirken, in welchem Gesteinsfragmente und Geschiebe eingebettet sind, und dieselben heftig gegen nackte Felsen pressen, sondern auf den Strand vor sich herdrängen, die Geschiebe und die Blöcke gegen einander und auf blossliegenden Felsen reiben, wodurch beide gestreift und gezeichnet werden können. Auf diese Weise können Frictionsstreifen entstehen, welche an einigen Orten nicht leicht durch die gewöhnliche abrundende und glättende Wirkung der Brandung entfernt werden können.

Wenn man die Karten der nördlichen Meere von Amerika, Europa und Asien studirt, so wird man sich überzeugen, dass Theile von der Küste leicht beim Aufbrechen des Eises entfernt und an andere Orte transportirt werden können, wo sie beim Abschmelzen dieses Eises in Tie-

Digitized by Google

fen mit dort etwa sich anhäufendem feinen Detritus niederfallen. Wenn irgend ein Gerölle oder Gesteinsfragment vor dem Niederfallen durch Streifen bezeichnet worden, so wird es diese Zeichen in den feinen Ablagerungen in solchen Tiefen behalten. Da an manchen Orten während des Winters Eis an Küsten anhängt, auf welches die Brandung während des Sommers ganze und zerbrochene Schalen von Mollusken und andere thierische Reste wirft, so können diese Reste leicht in Theile des Ufers kommen, die durch das Eis entfernt und über verschiedene Tiefen zerstreut werden, auf dieselbe Weise wie die fortgeführten Mineralmassen und damit die Reste von Litoralmollusken oft in Bruchstücken in einer Mischung von Schlamm und eisgetragenen Blöcken und Felsstücken zerstreut werden können, die sich in tiefem Wasser anhäuften.

In Meeren mit Ebbe und Fluth muss man die Bewegung des Eises in Aestuarien und in jenen langen Meeresarmen berücksichtigen, die man Fiords oder Scheeren heisst, und in welchen nach den Umständen die Fluth- oder Ebbeströmungen herauf und herunter gehen. Küsteneis, welches von der Fluth rückwärts und vorwärts getragen wird und Gerölle und Gesteinstrümmer so umfasst, dass sie gegen die nackten Felsen reiben, welche sich horizontal, vertikal oder fast vertikal in den Aestuarien und Fiords erheben, muss ein wirksames Werkzeug für das Streifen und Furchen solcher nackten Gesteine sein, und diese Zeichen sind auch besonders bei Klippen nicht leicht entfernbar. Wenn diese Thätigkeit während vieler Zeitalter fortdauert, so können gewisse Gesteinsarten an günstigen Orten deutliche Ritzen und Furchen behalten, unabhängig von dem Einfluss der Winde, die das zerbrochene Küsteneis beim Aufbrechen des Eises an den Küsten umhertreiben. Eisstücke und die in ihnen enthaltenen Mineralstoffe werden dergestalt auf dem Grunde von Buchten oder in seichtem Wasser aufgehäuft, wobei eine Combination von einem heftigen Seewinde und einer Springfluth manches Gesteinsstück an einem Orte lässt, von dem es unter den gewöhnlichen Umständen nicht leicht entfernt werden kann.

Keine geringe Menge von abgerundeten Blöcken und Geschieben von verschiedener Grösse kann auf diese Weise nahe der Küste zerstreut oder in tiefem Wasser mit den eckigen Bruchstücken gemischt werden, die entweder durch Eisberge, welche an den Enden der Gletscher abgebrochen sind, transportirt wurden, oder die von den Küsten auf Küsteneis gefallen sind, mit Hinzufügung der Reste von Mollusken des Litorals oder seichten Wassers oder von anderen Meeresthieren, wie die Knochen von Fischen, Walen und Seehunden, die durch das Küsteneis fortgeführt wurden. Forchhammer erwähnt ein schönes Beispiel von der Fortführung eines Felsblocks durch Küsteneis in Dänemark, der 4—5 Tonnen schwer war und an dem Ufer während des Winters 1844 in Eis eingeschlossen und im folgenden Frühjahre mit dem Eis

Digitized by Google

ins Meer geführt wurde, und bei der Bewegung eine tiefe Furche in dem sandigen Thon des Ufers zurückliess, die sechs Monate nachher noch nicht ganz obliterirt war. (*Bullet. geol.* 1848.)

Auf die Ablagerungen, welche sich auf dem Grunde von Meeren bilden, in welchen von Zeit zu Zeit und bisweilen, im Ganzen periodisch, Eisberge stranden, wirken die letzteren in der Weise modificirend ein, dass sie beim Auffahren auf Sandbänke sich nicht nur auf einander thürmen, Thon- und Sandschichten vermengen und selbst bisweilen transportirte Stücke der Masse hinzufügen, sondern auch wie Felsen wirken, um und zwischen denen die Fluth- oder Meeresströmungen sich eine Zeitlang verändern. Dies wird besonders in den Gegenden stattfinden, wo wegen der grossen Intensität der Kälte die Eisberge am längsten dauern. James Ross erwähnt, dass in der Nähe der Süd-Shetland-Inseln die Fluthströmungen zwischen den gestrandeten Eisbergen so stark waren, dass Wirbel hinter ihnen entstanden und sie als Felsen wirkten. Seefahrer haben Eisberge so lange Zeit an einigen Orten gestrandet gefunden, dass sich Mineralmassen an günstigen Orten um ihre Basis anhäufen konnten, während Fluthströmungen zwischen anderen so stark fliessen können, dass sie in nachgiebigem Grunde und in Tiefen, wo sich die Friction dieser Ströme fühlbar macht, Canäle eingraben. Eine mannigfaltige Modification des Meeresbodens kann dergestalt durch gestrandete Eisberge hervorgerufen werden, wobei man nicht die Jahreszeiten vergessen muss, in denen viele durch gewöhnliches Eis verbunden werden und Theile einer Masse bilden, mit der beim Aufbrechen in grossartigem Maassstabe verfahren wird. Wie fest auch die Eisberge gleichsam wie mit Ankern oft die Hauptmasse halten mögen, so begreift sich doch leicht, dass Verhältnisse kommen können, unter denen viele fortgeschleppt werden und den Meeresgrund in ihrem Laufe einschneiden und aufpflügen können.

Eis transportirt deshalb Felsmassen sowohl in seiner Gestalt als Gletscher, die unter den nöthigen Bedingungen in verschiedenen aussertropischen Ländern herabsteigen, oder als schwimmendes Eis die Flüsse hinunter, als Küsteneis, als Stücke von Gletschern, die in das Meer hinabsteigen, oder als Massen, welche auf den Grund gerathen, umstürzen und einen Theil des Bodens mit heraufbringen, auf welchem sie früher ruhten. Grosse Felsstücke werden dadurch auf grosse Entfernungen von ihrem Muttergestein geführt, was durch keine andere bekannte, auf der Erdoberfläche thätige Kraft möglich wäre. Wir haben gesehen, dass Gletscher wachsen und abnehmen nach den Veränderungen der Klimate, unter welchen sie gebildet werden. Welches das Maass dieser Zunahme und Abnahme unter den jetzt bestehenden Verhältnissen sein kann, und da, wo man Gletscher gefunden hat, ist nicht genau bekannt, obgleich die Unterschiede in ihrem Volumen und in ihrer Ausdehnung grösser gewesen zu sein scheinen, als man früher

Digitized by Google

annahm. Sei dies, wie es wolle, so verbreiten sie Gesteinsstücke nach aussen von bergigen Gegenden, welche gewöhnlich eckig sind, wenn sie nicht zwischen den Seiten des Gletschers und dem Boden gerieben wurden, wobei die grösseren Blöcke und Trümmer dort bleiben, wo die Gletscher sie gelassen haben, während kleinere Theile und fein vertheilte Mineralmassen in Ströme und Flüsse geworfen werden, die je nach ihrer Kraft weiter mit ihnen verfahren. Flusseis kann eingefrorenen Schutt fortführen und denselben über Flächenräume verbreiten, die dem Lauf der Flüsse entsprechen, wobei mancher Block und manches Gesteinsstück verführt wird, welche die Kraft des Stromes sonst nicht bewegt haben würde. Mit Ausnahme von Gesteinstrümmern, die von Klippen gefallen sein können, welche die Flüsse begrenzen und die später nicht abgerundet wurden, oder die von den Seiten auf die früher erwähnte Weise abgebrochen wurden, oder welche bei irgend einer früheren geologischen Beschaffenheit des Flächenraums zurückblieben, wird der meiste durch Flusseis getragene Detritus aus gewöhnlichen Geröllen, Sand und Schlamm bestehen.

Das Meer verfährt mit dem so erhaltenen, vom Eis fortgeführten Detritus verschieden, je nachdem es Fluth und Ebbe besitzt oder nicht, und je nachdem die Theile, in welche er geführt wird, durch Meeres- und oceanische Strömungen in Bewegung sind oder der Wind auf das Eis wirkt. Blickt man auf die nördlichen Länder, wo sich grosse Flüsse ins Meer ergiessen, die Eis mit sich führen, und wo Küsteneis gewöhnlich ist, so lässt sich im Voraus erwarten, dass eine grosse Masse von zertrümmerten Gesteinsstücken der Küste, nebst abgerundeten Flussgeröllen, Klumpen von gefrorenem Schlamm und Aestuariensand, mit Ueberresten von Meeresthieren und zuweilen von Landthieren, die plötzlich durch Ueberschwemmungen des Flusses fortgerissen worden, über den Meeresgrund zerstreut werden. Mancher in dem Schlamm, Sand und Grus dieser Gegenden begrabene Knochen von Elephanten, Nashornen und anderen Thieren kann auch aus den Schichten, die ihn enthalten, ausgespült, ins Meer getragen und mit den Resten jetziger Thiere vermischt werden. Dazu können eckige Trümmer kommen, die vom Flusseis herbeigeführt oder durch Küsteneis, auf welches solche Trümmer fielen, von Klippen hergebracht wurden, unabhängig von den Trümmern, welche in andere Theile derselben Meere durch Eisberge kamen, die sich von den Endtheilen von Gletschern losgelöst haben.

Ungeachtet die Polarmeere so von Amerika und Asien eingeschlossen sind, dass nur die kleine Oeffnung der Behringsstrasse zwischen ihnen existirt, so findet sich doch zwischen Amerika und Europa ungeachtet der Unterbrechung durch Island ein hinreichend offener Raum, welcher einer gewissen Eismenge den Ausgang gestattet. Wir haben gesehen, dass über den Grund eines Theils des nördlichen Atlantischen

Digitized by Google

Oceans Blöcke und Felsstücke mit kleinerem Detritus in diesem Augenblicke ohne Rücksicht auf die Ungleichheiten desselben umhergestreut werden. In den südlichen Polarmeeren stellen sich sehr verschiedene Verhältnisse dar. Es finden sich keine grossen Flüsse, welche vom Eis getragene Blöcke und Gesteinsstücke mit kleinerem Detritus führen. Das Land, welches höchst wahrscheinlich einen so grossen Flächenraum in dem südlichen Polarmeere einnimmt, hat fast nur Wasser in fester Form, und die Küste scheint grösstentheils dergestalt von grossen Eismauern umgeben zu sein, dass gewöhnliches Küsteneis dort im Verhältniss zu den nördlichen Polarländern in der Fortführung abgerundeter Geschiebe und Schutt sehr beschränkt ist. Gletscher, die das Meer erreichen und Stücke von den Klippen im Lande fortführen, zwischen denen sie sich bewegen, sind die Hauptmittel, um Stoffe direct vom Lande fortzubewegen, wobei nur ein kleiner Theil auf das Küsteneis kommt. Das auf dem Boden ruhende Eis in der Nähe von Victoria-Land scheint demungeachtet die Kraft zu haben, vielen Detritus transportiren zu können, wenn es in Eisberge zerbrochen ist, überstürzt, und Blöcke und kleine Bruchstücke, Sand, Schlamm über einen Theil des südlichen Stillen Oceans streut. Die südlichen Shetland- und Orkney-Inseln, Süd-Georgien, Sandwich-Land und die Länder zwischen dem südlichen Shetland und Victoria-Land, welche mehr oder weniger mit Eis besetzt sind, tragen ohne Zweifel auch durch Gletscher, durch Küsteneis, und wahrscheinlich auch durch umgestürztes, gestrandetes Eis, Blöcke und Geschiebe, Sand und Schlamm zu dem Boden des südlichen Atlantischen Oceans und zu dem Meere südlich von Afrika und Australien bei. Der südliche Theil von Amerika fügt seine vom Eis getragenen Gesteinsstücke hinzu, und so werden also im Norden und im Süden Felsstücke aus den kälteren Theilen vom Eis fortgeführt und auf dem Meeresboden in den gemässigten Welttheilen zurückgelassen.

Da dieses die geologischen Wirkungen sind, die jetzt vom Eis abhängen, so ist es wünschenswerth, diejenigen in Betracht zu ziehen, welche auf eine allgemeine Verminderung der Temperatur auf der Oberfläche der Erde oder auf theilweise Verminderungen dieser Temperatur folgen würden. Bezüglich der ersten haben wir uns nach einer allgemeinen, der ganzen Erde gemeinschaftlichen Ursache umzusehen. Welches auch die Bedingungen für die Vertheilung der Temperatur früher gewesen sein mögen, so sehen wir, dass jetzt der Einfluss der Sonne die Tropenhitze so wie den grossen Wechsel der Jahreszeiten in den Polarländern veranlasst. Jede hinreichend wichtige Veränderung in dem Einfluss der Sonne, die eine entsprechende Veränderung auf der Oberfläche der Erde hervorbringt, so dass der oben erwähnte sphäroidalische Raum, um den herum das Wasser fest bleibt, tiefer nach dem Meere in den Aequatorialgegenden herabsteigt, und sein Niveau bei

Digitized by Google

weniger hohen Breiten in den Polargegenden schneidet, würde die Klimate von vielen Theilen der Erde wesentlich verändern. Geologische Wirkungen, die vom Eis abhängen, würden sich weiter verbreiten, als sie jetzt thun, und der äquatoriale Raum, innerhalb dessen vom Eis transportirte Gesteinsmassen und anderer Detritus nicht mehr getragen werden könnten, würde beschränkt sein. Wo Gletscher sich bilden könnten, würden sie sich nicht nur weiter ausdehnen, als sie es jetzt in gewissen Berggegenden thun, sondern sie würden sich auch auf Bergketten bilden, wo sie jetzt in Folge der nicht tief genug herabsteigenden Schneelinie nicht vorkommen, so dass in dem einen Falle Mineralstoffe von ihnen über einen weiteren Flächenraum verbreitet würden, und in dem anderen über Districte, wo jetzt kein Transport der Art existirt. Eckige, halbeckige und abgerundete Gesteinstrümmer würden durch Flusseis und Küsteneis verbreitet werden, wo sich jetzt nichts der Art findet, und der Meeresgrund würde an Orten von ihnen überstreut werden, an die früher nichts geführt wurde. Thierisches und pflanzliches Leben würde sich den neuen Bedingungen anpassen; was den kälteren Klimaten der Erde angehörte, würde sich nach dem Aequator hin bewegen, die etwa erhaltenen Reste würden sich über die von Thieren und Pflanzen verbreiten, welche in denselben Gegenden unter höheren Temperaturen existirten.

Aehnliche allgemeine Wirkungen lassen sich erwarten, wenn ohne einen verminderten Einfluss der Sonne unser ganzes Sonnensystem bei seiner Bewegung durch den Raum von einer Temperatur, wie man sie jetzt jenem Raum zuschreibt, in eine kältere überginge. Es wird sich der Mühe verlohnen, über die Wirkungen nachzudenken, welche selbst auf eine sehr geringe Veränderung dieser Art folgen würden. In den Beobachtungen über die Verbreitung von Gesteinsmassen, die dem Anscheine nach in ihre jetzige Lage durch Eis getragen wurden, sollte man den Gegenstand sowohl in seinen allgemeinen, wie in seinen localen Beziehungen betrachten, welche Folgerungen aus den Thatsachen am Ende auch als die richtigen erscheinen mögen. Was die Thatsache angeht, dass viele Klimate mit gewissen Modificationen beinahe dieselben geblieben sind während der verhältnissmässig wenigen Revolutionen unseres Planeten um die Sonne, von denen wir Kunde haben und aus denen wir den Schluss ziehen können, dass die Klimate auf der Oberfläche der Erde keine wesentliche Veränderung seit der historischen Periode erfahren haben, so wird man bald gewahr werden, dass dieselbe uns in unseren Untersuchungen über die früheren klimatischen Verhältnisse der Erde wenig Hülfe gewährt.

Die gegenwärtigen verschiedenen Verhältnisse hinsichtlich der Erzeugung von Eis, welches Mineralmassen auf die früher angegebene Weise in der nördlichen und südlichen kalten Zone transportiren kann, reichen zum Beweise hin, dass partielle Veränderungen von grosser

Digitized by Google

Wichtigkeit aus Verschiedenheiten auf der Oberfläche der Erde selbst entstehen können. Die tägliche geologische Erfahrung zeigt, dass die Oberfläche der Erde von den entferntesten geologischen Zeiten an bis in die Gegenwart in einem schwankenden Zustande gewesen ist, und dass während wir oft inmitten geschichteter Ablagerungen auf altem Meeresboden stehen, der jetzt zu verschiedenen Höhen über den Spiegel des Oceans erhoben ist, manche Gegend den Beweis liefert, dass dieselbe mehr als einmal unter jenem Niveau und darüber gewesen ist. Obgleich jetzt sich eine Landmasse an dem Südpole über den Meeresspiegel erheben mag, welche durch einen breiten Meeresstreifen von anderen grossen Landmassen weiter nördlich getrennt ist, und dieselbe gewisse Wirkungen in Bezug auf das Klima jenes Theils der Erde hervorbringt, und die nördlichen Polargegenden sich unter anderen Verhältnissen befinden, so folgt daraus noch keineswegs, dass dieses immer der Fall gewesen ist, selbst in den neueren geologischen Zeiten. Vertauschen wir in Gedanken die Verhältnisse der nördlichen und südlichen Polarländer, so ergeben sich Folgen von einem sehr bedeutsamen geologischen Charakter. Darwin*) hat auf geistreiche Weise auf die Wirkungen aufmerksam gemacht, die eine solche Veränderung der äusseren Verhältnisse zur Folge haben würde, was bei Untersuchungen dieser Art nicht ausser Acht gelassen werden darf.

Auf gleiche Weise würde jede Erhebung oder Senkung eines beträchtlichen Flächenraumes von festem Land, welche Theile davon über die ewige Schneelinie erheben oder unter dieselbe erniedrigen, Veränderungen in dem durch Eis geschehenden Transport von Mineralmassen herbeiführen. Wenn die Region der Alpen 3000 Fuss über ihr jetziges Niveau erhoben würde, so würde sich der für die Bildung von Gletschern geeignete Flächenraum bedeutend ausdehnen, manches Thal würde mit Eis gefüllt werden und mancher Berg würde einen Gletscher liefern, wo sich jetzt keine finden. Blöcke und kleinere Felsstücke würden durch Eis über die Hauptbergketten getragen, und in Lagen zurückgelassen werden, die sie jetzt nicht erreichen, und unter der Voraussetzung einer allmäligen Erhebung des Landes würden viele Modificationen auf die Veränderung in der Schneelinie folgen, von der die Gletscher ihren Ursprung nehmen. Manche Schlucht und mancher Bergabhang würde gefurcht und geritzt werden, die jetzt nicht von Gletschern berührt sind, und grosse Felsmassen würden in Haufen oder linienförmigen Rücken an Orten angehäuft werden, wohin jetzt Eis keine derartigen Massen bringt. Bei der Annahme einer Senkung desselben Flächenraumes in Bezug auf das jetzige Niveau würde der Transport von eisgetragenen Blöcken und Gesteinsstücken mit dem Glätten, Furchen und Ritzen der Thäler und ihrer Seiten durch fortbewegtes Eis auf die

*) Dessen naturwissenschaftliche Reisen, deutsch von Dieffenbach, Bd. 1.

Digitized by Google

jetzt von Gletschern eingenommenen Flächenräume beschränkt sein, wobei ihr Wachsen und Zurückziehen innerhalb der Ausdehnung der jetzigen klimatischen Bedingungen in Anschlag gebracht wird.

Es könnten dergestalt durch die Erhebung und Senkung von grossen Flächenräumen trockenen Landes sehr mannigfaltige Bedingungen für die Existenz, die Ausdehnung oder das Zurückweichen der Gletscher mit ihren geologischen Folgen entstehen, ohne Rücksicht auf die, welche von schwimmendem Eis herrühren, mit Ausnahme von solchen, wie sie in grossen Seen sich bilden würden, z. B. im Genfer See, wo Wirkungen entständen, die den im nördlichen Amerika entstehenden ähnlich sind. An den Ufern solcher Seen würde sich Küsteneis bilden, dieses Felsstücke und Ufertrümmer einschliessen und wegtragen, wenn sie zu einer Höhe erhoben würden, welche eine für das Entstehen von Eis hinreichende Erniedrigung der Temperatur gestattet. Es hat auch keine Schwierigkeit, sich Verhältnisse zu denken, unter denen Gletscher in grosse Süsswasserseen vorspringen, wo sich Stücke von ihnen ablösen und diese bei gehöriger Wassertiefe, wie jetzt in den Polargegenden, weiter schwimmen und ihre Ladung von Blöcken und anderem Detritus fallen lassen. Wenn auch solche Eismassen nicht durch Fluth- oder Meeresströmungen vorwärts bewegt würden, so würden sie immerhin unter dem Einflusse der Winde sein, und in geringere Tiefen getrieben werden und stranden, wo das Eis schmilzt und in ihm eingeschlossene oder auf ihm ruhende Trümmer zurücklässt.

Wenn die Senkung eines festen Landes mit den nöthigen Modificationen der Oberfläche, in solchen Klimaten, wo sich Gletscher bildeten, eine solche ist, dass das Meer in die Thäler eintritt, in welchen diese Eisströme vorkommen, so kann die Veränderung je nach den hervorgerufenen klimatischen Verhältnissen die Gletscher afficiren oder auch nicht. Wäre die Veränderung in der nördlichen Hemisphäre eine solche, dass dadurch dort das Klima der südlichen Hemisphäre hervorgebracht würde, so würden die Gletscher der Alpen weiter vorrücken, Eisberge in die benachbarten Meere liefern, so dass sie wegschwimmen und auf dem als eine Insel vorhandenen Jura stranden.

Bisher haben wir diese Niveauveränderungen als langsam hervorgebracht betrachtet, so dass alle etwaigen Veränderungen allmälig waren, und keine plötzliche Umgestaltung der Verhältnisse hervorriefen. Dies ist indessen bei geologischen Betrachtungen durchaus nicht nöthig, indem wir nicht nur bei wirklichen Bergketten, sondern auch bei manchen Districten, wo die Felsen gebrochen und gebogen sind, Beweise haben, dass beträchtliche Kräfte oft etwas plötzlich in Thätigkeit gerufen wurden, wenn wir auch jede Rücksicht auf die wiederholten Wirkungen einer vervielfältigten Thätigkeit geringerer Kräfte nehmen. Die uns als Erdbeben bekannten Wellen während der Erschütterung

Digitized by Google

des Landes, von denen später gesprochen werden soll, zeigen uns, wie in dieser Weise allein in das Meer oder grosse Süsswasserseen vorspringende Gletscher an ihren Enden gehoben und ihre Stücke mit den etwa auf ihnen befindlichen Ladungen von Detritus herumgewirbelt werden und an ungewöhnlichen Orten stranden können. Grössere Wellen würden grössere Resultate hervorbringen, und wenn wir sie mit plötzlich unter den Meeresspiegel nur einige hundert Fuss sich senkendem Lande in Verbindung bringen, an Orten wie Victoria-Land und Süd-Georgien oder Grönland und Island, so haben wir das Mittel, Eis fortzuschaffen und eine sehr complicirte Mischung von Blöcken und kleineren Gesteinsstücken von grosser geologischer Wichtigkeit herbeizuführen. Auf gleiche Weise würde die plötzliche Erhebung von Land, welches von Schnee und Gletschern bedeckt ist, wenn dabei die Temperatur durch gebildete Spalten oder durch die Leitung der die Gletscher tragenden Gesteine bei dem Aufbruch feuergebildeter Gesteine erhöht wurde, so dass der Schnee und das Eis plötzlich und zum Theil schmölzen, keine geringe geologische Wirkung hervorrufen, besonders wenn die Gletscher, auf welche diese Wirkung stattfindet, ganz oder fast ganz ins Meer gingen.

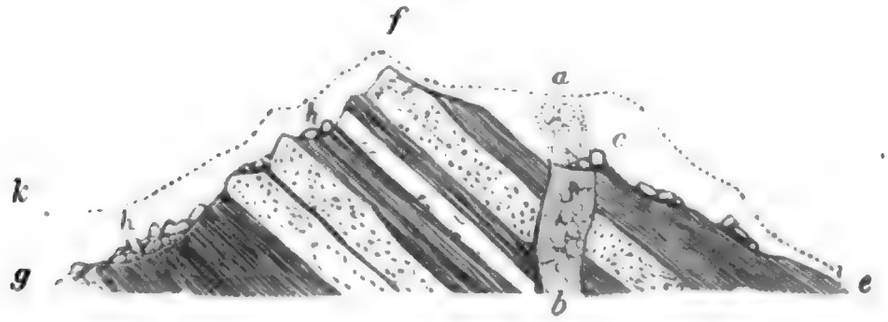
Man findet über einige Theile des nördlichen Europas und Amerikas und ferner in einem Theile von Südamerika in der Nähe und den Umgebungen von Gebirgsketten, wie die Alpen, ungeheure oft eckige Blöcke auf eine solche Weise zerstreut, dass man bei der Vergleichung ihrer Verbreitungsweise mit den heutigen Wirkungen des Eises allgemein eine solche Erklärung ihres Vorkommens angenommen hat. Diese Gesteinsmassen nennt man gewöhnlich Fündlinge oder erratische Blöcke, und zu dem Verständnisse der Art und Weise, in welcher sie besonders in der nördlichen Hemisphäre angehäuft wurden, sind richtige Beobachtungen über die Verhältnisse ihres Vorkommens durchaus nothwendig.

Da es bisweilen über ein Land zerstreute Blöcke giebt, welche bloss Theile von härteren in lockerere Substanzen eingelagerten Schichten oder die Reste von Gängen eruptiver Gesteine sind, deren Zusammenhang und Vorkommen nicht klar sein mag, indem die leichter zersetzbaren Gesteine durch die Wirkungen atmosphärischer Einflüsse oder der Brandung in einer früheren geologischen Zeit entfernt wurden, so muss der Geognost in vielen Districten grosse Vorsicht beobachten. Dies ist besonders da nöthig, wo die Gänge oder Spaltausfüllungen eruptiver Gesteine auf eine unregelmässige Weise zersetzt sind, so dass die härteren Theile herumgestreut werden, während man die weicheren nicht leicht findet. Da gewisse eruptive Gesteine sich in sphäroidalen Formen zersetzen, so bieten diese Blöcke oft das Ansehen dar, als seien sie durch Reibung an einer Küste abgerundet worden. Wenn *a b* in der folgenden Figur ein Grünsteingang ist, der an ver-

Digitized by Google

schiedenen Stellen ungleich und zwar bei *a* in kuglige Theile zersetzt ist, so könnten bei einer Abnahme der Oberfläche auf der Seite des Hügels *ef* die härteren Theile des zersetzten Theils *ac* nach *e* hin fal-

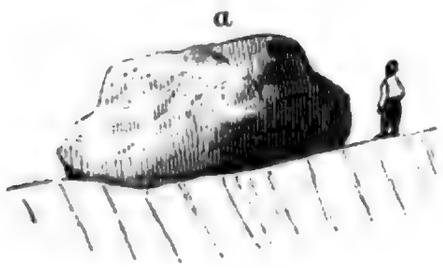
Fig. 99.



len und das Ansehen von abgerundeten Grünsteinblöcken bieten, die auf irgend einem anderen Gestein ruhen. Dann könnten sich auf der anderen Seite des Hügels *fg* ebenfalls eckige Gesteinsstücke *h h* finden, die von den härteren Schichten über ihnen während einer Abnahme von einer alten Oberfläche *fk* losgelöst wurden. Diese Vorsicht muss man häufig in granitischen Gegenden anwenden, indem die Granitblöcke sich oft in eine abgerundete Form zersetzen, so dass sie, wenn sie über Torfmoore und zersetztes Gestein verbreitet sind, das Ansehen von durch Reibung abgerundeten Blöcken darbieten.

Diese Neigung zur Zersetzung in runden Formen muss auch oft dann beachtet werden, wenn man den Schluss macht, dass solche Gesteine, selbst wenn es wirkliche erratische Blöcke sind, durch Reibung abgerundet wurden, ehe sie das Eis weiter führte. Ein Granitblock *a* z. B., wie der in der folgenden Figur, der zwar jetzt abgerundet ist, kann in einer mehr eckigen Beschaffenheit transportirt worden sein, indem die Entfernung der Ecken durch Zersetzung vermittelst atmosphärischer Einflüsse bewirkt wurde, seitdem derselbe seine jetzige Stellung hatte. Auf diese Weise können abgerundete Granitblöcke über einen Bergabhang zerstreut werden, wie in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 101, s. f. S., wo der Granit *c*, der sich über geschichtete Ablagerungen *b* thurmartig *d* erhebt, in Blöcken den Abhang heruntergerutscht ist und ein solcher Block sich bei *a* zeigt. Obgleich ein solcher Zustand der Dinge durch die Bewegung eines Gletschers herbeigeführt worden sein kann, der Seitenmoränen zurückliess, oder durch Küsteneis, welches Felsblöcke führte, so muss man immer sich vergewissern, dass es nicht von der Höhe herabgefallene Blöcke sind, die einfach durch Zersetzung abgerundet wurden, was eine sorgfältige Untersuchung des Granits bei *d* zeigen wird.

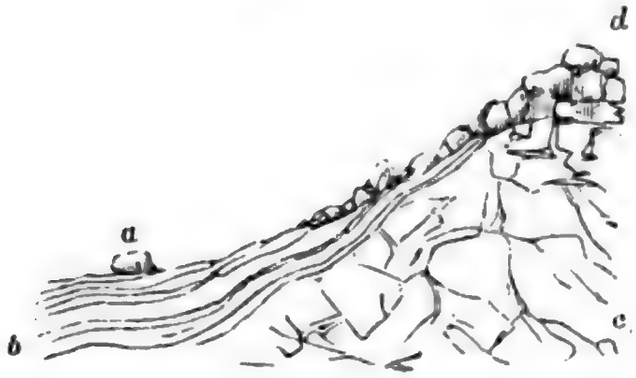
Fig. 100.



Digitized by

Da nach der Annahme, dass die nördliche Hemisphäre einst käl-

Fig. 101.



ter als jetzt war, ein grosser Theil des damals vom Wasser bedeckten Landes jetzt über das Niveau des Meeres erhoben ist, und folglich eine Erhebung eines grossen Theils des nördlichen Europas, Asiens und Amerikas stattgefunden hat, so wird es von grossem Interesse sein, nachzuweisen, in wie weit das Eis in seinen verschiedenen Arten des Vorkommens das Mittel sein konnte, die dort gefundenen oft sehr grossen Felsblöcke zu verbreiten. Unter der Voraussetzung einer Wasserbedeckung wird es wünschenswerth, die Mächtigkeit einer solchen zu erfahren. Es ist immer schwierig zu wissen, wieviel Felsmassen von verschiedener Grösse abgerundet und an Küsten und in Flussbetten über den älteren Ablagerungen vor dieser angenommenen Eis- oder Gletscherperiode in der nördlichen Hemisphäre zurückgelassen wurden. Berücksichtigen wir dies indessen nach seiner ganzen Wichtigkeit, so lässt sich erwarten, dass beim Steigen des Landes und bei der Zunahme der Temperatur bis zu ihrer jetzigen Höhe, unter gewissen günstigen Verhältnissen Gletscher, die früher bis ans Meer reichten, welches ihr Ende mit sich fortriss, eine Zeitlang über festes Land sich ausbreiten und ihre Moränen weiter als früher führen konnten. So könnte das Niveau, in welchem die Reste von wahren Endmoränen sich finden, nicht die Grösse der gesuchten Wasserbedeckung geben, selbst vorausgesetzt, dass sie von anderen Gesteinsablagerungen getrennt werden könnten, denen sie mehr oder weniger gleichen. Sicherere Führer würden die Küstenablagerungen jener Zeit abgeben, wenn man sie verfolgen könnte.

Bei dem allmäligen Verschwinden des Eises bis zu der Masse, die wir jetzt in den nördlichen Gegenden finden, und folglich bei dem gänzlichen Verschwinden mancher Gletscher auf dem Lande, wie z. B. in England, wo sie in der Gletscherperiode vorhanden waren, kamen die verschiedenen Moränen, wie die geglätteten Flächen, Furchen und Streifen, welche die Gletscher gebildet hatten, unter die atmosphärischen Einflüsse und die von ihnen ausgehenden Modificationen und

Digitized by Google

Veränderungen, wobei die Vegetation sich über das Land verbreitete, als der Schnee und das Eis verschwanden.

Bei der Erhebung des Landes und dem Seichterwerden der tieferen Theile musste der Schlamm, der früher von der Thätigkeit der auf der Oberfläche sich bewegenden Windwelle nicht berührt war, von derselben aufgerührt und an ruhigere Stellen durch Fluth- oder Meeresströmungen geführt werden, wo diese in Wirksamkeit traten. Dasselbe geschah mit anderen Theilen des Meeresbodens, wobei sich Gesteinsstücke von verschiedenen Formen und Grössen, die von Theilen von Gletschern, Flusseis und Küsteneis bei ihrem Weiterschwimmen fallen gelassen wurden, mit dem Rest erhoben. Während viel feines Sediment von dem grösseren Detritus getrennt wurde, als die Wirkung des Windes sich mehr und mehr fühlbar machte, und die grösseren Gesteinsbrocken allmälig in nähere Berührung brachte, so mussten doch die Hauptveränderungen eines solchen früheren Seebodens hervorgebracht werden, als derselbe unter den Einfluss der Brandung kam. Die neuen Küsten mussten sich den Verhältnissen anpassen, die durch die Wirkung der Brandung und das Steigen und Fallen des Meeres entstanden, und die eckigen Fragmente, die früher ruhig auf dem Grunde geruht hatten, mussten, unter die Wirkung der Brandung gebracht, durch Reibung abgerundet werden, wobei grosse Blöcke hervorstanden, wie jetzt viele Felsen an den Meeresküsten. Während früher vom Eis getragene und abgerundete Blöcke und Geschiebe wiederum abgenutzt wurden, mussten die eckigen Stücke mehr oder weniger durch dieselbe Thätigkeit, je nach der Kraft der Brandung abgerundet werden. Je nach den Umständen wurden Strandlinien von Sand oder Geschieben aufgeworfen und den Modificationen durch atmosphärische Einflüsse bei dem Aufsteigen des Landes überlassen, und der Wasser-Abzug des alten Meeresbodens wurde seinem verschiedenen Niveau und den Ungleichheiten der Oberfläche angepasst.

Unter solchen Umständen mussten sehr wechselnde Resultate folgen, als die Verhältnisse sich änderten und Theile des alten Meeresbodens theils entfernt und theils zurückgelassen wurden; zerstreute vom Eis herbeigeführte abgerundete oder eckige Gesteinstrümmer wurden zusammengeführt, ihre Ecken wurden zum Theil vollständig durch die Brandung abgerundet, zum Theil ziemlich unversehrt gelassen; die Schaalen von Mollusken und die härteren Theile von anderen Meeresthieren wurden bisweilen entfernt und in einem beinahe unverletzten Zustande wieder abgelagert, zu anderen Zeiten in Stücke zerbrochen, und unter den neuen Anhäufungen von Schlamm, Sand, Geschieben und Blöcken wieder geordnet. Floss unter den alten Verhältnissen des Meerbodens das mit Gesteinstrümmern beladene Gletschereis oder das Küsteneis mit Ladungen von Geschieben, Geröllen und eckigen Blöcken in bestimmten Richtungen

Digitized by Google

weg und liessen sie ihre Last auf dem Grunde in Linien zurück, so blieben solche Linien nach den Umständen bei der Erhebung zurück. Wie auch grosse Blöcke durch andere während ihrer Anhäufung stattgehabten Ablagerungen getrennt waren, so wurde doch der grössere Theil des feinen Sedimentes zwischen ihnen entfernt, so dass sie den Anblick von reihenförmigen Ablagerungen darboten und oft, wenn die Blöcke von dem Eise in grosser Menge abgeworfen worden waren, förmliche Rücken bildeten. Auf diese letzteren musste indessen die Brandung während des Steigens des Landes wirken, so dass Detritus in der Art eines Strandes auf ihnen abgelagert wurde, und eine sehr complicirte Anordnung der Theile die Folge war.

Während solcher Veränderungen mussten die von Gletschern herrührenden Eisberge herumschwimmen, bis die ersteren entweder verschwanden oder von dem Meere getrennt, und die Erzeugung von Küsteneis bis zu seinen jetzigen Verhältnissen beschränkt wurde. Mancherlei neue Modificationen mussten durch die Bildung von Küsteneis und Flusseis statthaben, nachdem der Wasserabfluss des alten Landes seinen Weg durch das neue Land zum Meere fand. Manche Felsblöcke konnten von der Küste wieder fortgeführt und anderswohin gebracht werden, und ebenso konnten in gewissen Richtungen fliessende Flüsse Felsblöcke wieder nach ihrem Muttergestein hin zurückführen.

Nach der Hypothese, dass eine von einer grösseren Ausdehnung des Meeres begleitete niederere Temperatur der nördlichen Hemisphäre stattgefunden, und dass das Meer zu Land geworden ist, muss der Geognost nicht nur einen weiten Landstrich untersuchen, damit er erfahre, welches Land ursprünglich über dem Wasser und von Schnee bedeckt war und die Gletscher lieferte, deren Enden von Zeit zu Zeit hinwegschwammen, welches Küsteneis und wahrscheinlich auch Eiswälle besass, sondern er muss auch Modificationen berücksichtigen, welche der alte Meeresgrund bei seinem Aufsteigen über das Meer erfahren hat.

Es ist sehr belehrend, die Wirkungen zu beachten, welche auf eine Senkung der Britischen Inseln und eines benachbarten Theils von Frankreich bis zu 1000 Fuss unter dem Spiegel des sie jetzt umgebenden Meeres folgen würden. Und hier muss bemerkt werden, dass wir viele Beweise für eine solche und selbst eine noch bedeutendere Senkung in einer verhältnissmässig jugendlichen geologischen Epoche besitzen. Ein Blick auf die nebenstehende Karte, welche das Land darstellt, das nach dieser Hypothese über Wasser ist, zeigt zahlreiche und mannigfach vertheilte Inseln und Inselchen. Das ausgedehnteste Festland findet sich dann im nördlichen Schottland, und dieses ist durch eine Meerenge in zwei Theile geschieden, welche jetzt durch die Niederungen und die Seen zwischen dem Murray Firth und Loch Linnhe

Digitized by Google

eingenommen ist. In der Nähe dieser Hauptinseln finden sich hauptsächlich nach Süden und Südwesten viele kleinere Inselchen. Auch im südlichen Schottland giebt es eine Stelle festen Landes von einer

Fig. 102.

ziemlichen Grösse, und eine andere in Cumberland und Westmoreland, während eine verhältnissmässig grosse Insel sich in einer Richtung von Norden nach Süden von Westmoreland durch Yorkshire nach Derbyshire erstreckt. In Wales ist viel Land über dem Spiegel des Meeres, mit vielen kleinen Eilanden dort und in einigen Theilen von England,

Digitized by Google

darunter die Gipfel der Malvernhills, die jetzt aus der Ferne so sehr das Ansehen einer Insel darbieten. In Irland finden sich zahllose Eilande, von denen das hauptsächlichste durch die Wicklow-Berge und ihre Fortsetzung gebildet ist. Westlich von ihnen erheben sich viele Inselchen über das Meer. Im Ganzen sammeln sich die irländischen Eilande in zwei Gruppen, eine nördliche und eine südliche.

Bringt man diese Wasserbedeckung in Verbindung mit einem Klima, welches dem vom Feuerlande und Südgeorgien gleicht, so dass die hinreichend hohen Inseln von Schnee bedeckt wären, so werden sich Gletscher in die Thäler erstrecken und selbst bisweilen das Meer erreichen, ihre mit Blöcken und Fragmenten beladenen Theile werden abbrechen, und die letzteren vom Eis fortgeschwemmt und über den Boden des benachbarten Meeres verbreitet werden. Was die Höhen der Inseln angeht, so werden viele eine für diese Wirkungen hinreichende Höhe besitzen, da Luguaquilla immer noch 2039 Fuss, Ben Nevis 3373 Fuss, Skiddaw 2022 Fuss und Snowdon 2571 Fuss über dem Meere sind. Rechnen wir hierzu das Küsteneis mit seinen bereits erwähnten Wirkungen, so werden die Bedingungen nicht fehlen, unter denen vermittelst Eis Blöcke von verschiedener Art und Grösse und Bruchstücke von allen Formen über den jetzt von den Britischen Inseln eingenommenen Flächenraum verbreitet werden, in verschiedenen Höhen unterhalb 1000 Fuss über dem jetzigen Meeresniveau. Während dies vor sich ging, fand über diesem Niveau die Bildung von Moränen, das Glätten, Furchen und Streifen durch die Gletscher bis zu den Höhen Statt, wo eine Gletscherwirkung dieser Art sich damals fühlbar machen konnte. Am Meeresspiegel bis zu einer gewissen Tiefe unter ihm war das Küsteneis das Mittel zum Glätten, Furchen und Streifen der Gesteine, Eisberge strandeten und brachten ihre Wirkung hervor, und solche Flüsse, welche durch Eis Gesteinsstücke bewegen konnten, lieferten vom Eis getragenen Detritus.

Eine Senkung der Britischen Inseln bis zu 1000 Fuss unter ihren jetzigen Stand über dem Meere, eine Veränderung in dem relativen Niveau des Meeres und Landes, die zwar bei dem ersten Anblick bedeutend erscheint, aber in der That gering ist, wie sich bald zeigen wird, musste nothwendig von einer Wasserbedeckung von verschiedenen Theilen von Europa begleitet sein. Die relative Niveauveränderung war in der That über einen sehr beträchtlichen Flächenraum von gleicher Höhe. Sie kann in einigen Gegenden grösser wie in anderen gewesen sein; sei dies aber wie es wolle, so musste eine solche Veränderung einen sehr beträchtlichen Unterschied in der Vertheilung von Land und Meer hervorrufen. Die Scandinavischen Länder wurden dadurch unter Verhältnisse gebracht, unter denen Eisberge oder Küsteneis mit Hülfe von Strömungen Blöcke und Gesteinsstücke von verschiedener Grösse

Digitized by Google

und Gestalt fortführten und über den Meeresboden südlich von ihnen vertheilten, einige davon kamen selbst nach England und vermischten sich hier und dort mit dem daselbst durch Eis verbreiteten Detritus.

Bei solchen Veränderungen muss der Geognost nicht nur die verschiedene Vertheilung von Meer und Land ins Auge fassen, sondern auch die dadurch herbeigeführten Modificationen der Fluth- und Meeresströmungen, und muss auch die wahrscheinliche Ausdehnung des Küsteneises berücksichtigen, das vielleicht bisweilen Eiswälle bildete. Obgleich den Inseln und Inselchen einiger Einfluss eingeräumt werden muss, welche sich damals an der Stelle von England über dem Meere befanden, so rollten doch die Wogen des Atlantischen Oceans über einen grossen Flächenraum, der jetzt einen Theil vom nördlichen Frankreich, von Belgien, Holland, Dänemark, dem nördlichen Deutschland und einen grossen Theil von Russland bildet. Waren die Verhältnisse, welche die Ebbe und Fluth an den Britischen Inseln hervorriefen, verschieden, so entstanden andere, die der neuen Lage von Land und Meer angepasst waren, und manche Eismasse in Scandinavien musste, so lange sie auf dem Meeresboden ruhte, in ihrer Modification der Fluth- und Meeresströmungen wie Land wirken.

Wie weit die Umrisse des Landes im Allgemeinen im Anfang dieser Veränderungen den jetzigen glichen, ist schwer zu sagen, da viele Modificationen während dieser Veränderungen bewirkt wurden, und die Versenkung kann angefangen haben, als mehr Land über dem Meeresniveau war, als jetzt, vielleicht der Linie von 600 Fuss um die Britischen Inseln entsprechend, wie in den Karten, Fig. 65, S. 90, und Fig. 102, S. 235. Nimmt man indessen die jetzige Vertheilung von Meer und Land zum Führer, und berücksichtigt hauptsächlich die Entstehung von Eis, so müssen wir eine Zunahme der Kälte auf der einen Seite und auf der anderen eine Abnahme von festem Land, mit einer Abnahme der Höhe an dem noch über dem Wasser befindlichen Theil in Betracht ziehen. Der Bequemlichkeit wegen können wir diese Veränderungen als allmälige betrachten, da man leicht die aus einer schnelleren Veränderung hervorgehenden Modificationen würdigen wird.

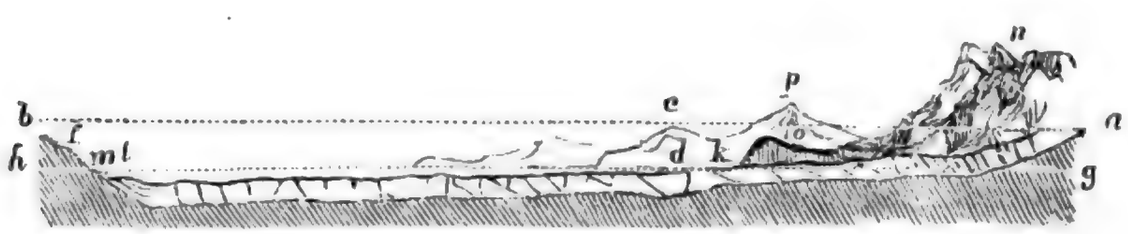
Die allmälige Zunahme der Kälte musste die Schneelinie auf dem festen Lande erniedrigen, während der Grad ihres Herabsteigens an einer Bergkette von dem Grade der Senkung des Landes abhing. Sie konnten sich einander die Wage halten. Sollte der Grad der Temperaturabnahme grösser sein, als durch die Senkung compensirt wurde, so würden frühere Gletscher selbst während des Senkens des Landes wachsen und neue Gletscher an anderen Orten entstehen. Eine fortdauernde Zunahme der Kälte indessen vorausgesetzt, musste eine Zeit kommen, selbst wenn die früher vorhandenen Gletscher während des Versinkens des Landes nicht sehr zunahmen, wo die in Scandinavien gebildeten das Meer erreichten, wie jetzt in Grönland; dieselben

Digitized by Google

würden Detritus verbreiten und Gesteinsfragmente in das benachbarte Meer führen. Dies konnte auch mit den Theilen der Britischen Inseln der Fall sein, die sich damals über dem Wasser befanden.

Blicken wir auf andere Theile von Europa mit Rücksicht auf eine Senkung von 1000 Fuss, so ist es von Interesse, zu wissen, welche Wirkungen auf die Gletscher in den Alpen statthatten, und sich die neuen Gletscher in anderen bergigen Gegenden zu vergegenwärtigen, wo die nöthigen Bedingungen stattfanden. In den Alpen mussten die Gletscher zunehmen, wie sie es jetzt unter dem Einfluss gewisser Jahreszeiten thun, oder statt der Abnahme durch wärmere Jahreszeiten musste die Zunahme fortdauern, wozu eine grössere Ausdehnung des Atlantischen Oceans günstig wirkte, unabhängig von der grösseren Kälte. Unter solchen Umständen mussten von Gletschern getragene Blöcke und andere Felsstücke, die in mancher Localität zurückgelassen oder bis zu der Endmoräne fortgeführt wurden, mit zunehmender Länge und Masse der Gletscher weiterrücken, bis sie endlich in ihrem Fortschritt durch die Verhältnisse aufgehalten wurden, welche die Ausdehnung der Gletscher selbst afficirten. Wenn der Geognost das Vorkommen der jetzigen Gletscher auf Karten oder Modellen der Alpen und der benachbarten Districte verfolgt, so wird er finden, dass die Ausdehnung derselben bedeutend vergrössert wurde, während mancher neue Gletscher sein Eis zu der allgemeinen Masse hinzufügt, bisweilen seine eigenen Moränen führt, und zu anderen Zeiten den Weg der hauptsächlichsten Eisströme, in die er sich einmündet, modificirt. Mit einer Veränderung der Temperatur und des relativen Niveaus von Meer und Land, welche die Höhe der jetzigen Schneelinie in den Alpen auf die von Chiloë brächte (Chiloë liegt in 40 — 43° Südbreite, die Alpen zwischen 42 — 47° Nordbreite), würde dieselbe und mit ihr der Firn der Gletscher ungefähr 2500 Fuss herabsteigen. Geschähe dieses Herabsteigen der Schneelinie allmälig, so würden die Gletscher auch allmälig vorrücken und die aus den jetzigen inneren Theilen der Alpen herrührenden Blöcke würden vor ihnen her bewegt werden. Es seien in dem folgenden Durchschnitte *a b* das Niveau des ewigen Schnees in einer Gebirgskette, wo Gletscher gebildet

Fig. 103.



werden, *d* die Ausdehnung eines dieser Gletscher, *c* und *f* Berge gerade unterhalb der Linie des ewigen Schnees. Wenn sich jetzt die Verhältnisse so ändern, dass *g h* die ewige Schneelinie wird, und die Be-

Digitized by Google

dingungen für das Entstehen der Gletscher fortdauern, so wird das Wachsen des ursprünglichen Gletschers in einem niedrigeren Niveau stattfinden, während das Eis, welches sich nur bis zu *d* erstreckte, weiter geschoben würde, nach demselben Grundsatze, nach dem die gewöhnliche, obgleich zeitweise Zunahme eines Gletschers stattfindet. Damit würde jene Ansammlung von Blöcken, die in der gewöhnlichen Weise bis *k* geschoben wurden, mit dem Eise nach *l*, vielleicht auch nach *m* vorwärts bewegt werden. Mit einer solchen Zunahme könnte ein Seitengletscher von einem Thale *o*, zwischen *n* und *c*, hinzukommen, vielleicht die Ausdehnung eines kleinen, früher bei *p* gebildeten oder ein ganz neu entstandener Gletscher, und so könnten Blöcke und Gletscher gegen die Ausdehnung des Hauptgletschers nach *m* herabsteigen. Das Aussehen der Alpen würde, was Schnee und Eis angeht, wesentlich durch ein Herabsteigen der Schneelinie zu derselben Höhe wie die von Chiloë verändert werden, und eine weitere Abnahme der Temperatur würde nothwendig die Gletscher noch weiter ausdehnen. Wir haben darum die Folgen einer Verminderung der Temperatur in den nördlichen Ländern nicht nur in Bezug auf das Entstehen von Schnee und Eis in Ländern zu beachten, die jetzt mit Ausnahme des Winters von ihnen frei sind, sondern auch die Ausdehnung früher vorhandener Gletscher in derselben Periode.

Eine Senkung dieser Art vorausgesetzt, hat der Geognost die Erhebung des Meergrundes bis zu dem jetzigen europäischen Niveau von Meer und Land zu betrachten, in Begleitung einer Erhöhung der Temperatur auf ihren jetzigen Stand. Als das Land stieg, blieben an manchen Orten Ufer zurück, die die verschiedenen Veränderungen des relativen Niveaus von Meer und Land zeigen. Fanden beträchtliche Pausen in der Erhebung des Landes Statt, so mussten diese durch Reihen von Klippen oder Uferlinien bezeichnet sein, wo die Gesteine hinreichend von der Brandung abgenutzt worden waren. Die Entstehung von Küsteneis wurde allmälig geringer, so dass seine Bildung in den südlichen Ländern aufhörte, die Gletscher nahmen ab, liessen ihre Moränen und viele eckige Felsblöcke an den Bergabhängen, wie in der folgenden Skizze *a b*, Fig. 104, s. f. S., zurück, auf Höhen, die dem Volumen der sie transportirenden Gletscher in den Perioden ihrer hauptsächlichsten Ausdehnung die Thäler hinunter entspricht, wo jetzt vielleicht nur ein Rest von solchen Gletschern an ihrem oberen Ende, oder, wie auf den Britischen Inseln, gar nichts mehr von ihnen da ist.

Bei der Fortdauer der Erhebung des Landes musste nicht nur der frühere Meeresboden mit seinen verschiedenen Ablagerungen, in denen zuweilen Thierreste oft in regelmässigen Schichten von Sand, Grand und Schlamm begraben waren, unter den zerstörenden Einfluss der Brandung kommen, sondern es fingen auch Flüsse auf dem alten Meeresboden zu fliessen an. Nach den Umständen boten solche Flüsse

Digitized by Google

einen verschiedenen Charakter dar, einige führten durch Vermittlung

Fig. 104.

von Eis Detritus nach dem Meere, oder liessen denselben während ihres Laufs zurück, bis nur einige von ihnen, welche jetzt die nöthigen Bedingungen besitzen, auf diese Weise mineralische Substanzen transportirten.

Durch das Interesse, welches der Transport der oft bedeutend grossen erratischen Blöcke durch Eis erregte, sind eine grosse Menge von Thatsachen gesammelt worden, die die Senkung eines beträchtlichen Theils des nördlichen Europas, Asiens und Amerikas, und eine bedeutende Temperaturerniedrigung ausnehmend wahrscheinlich machen. Auf die Wirkungen von schwimmendem Eis ist man seit Langem aufmerksam gewesen. Wrede in Berlin war einer der Ersten (1810), der die erratischen Blöcke im Süden der Ostsee durch schwimmendes Eis erklärte, worauf später eine Veränderung des Niveaus stattgefunden, wodurch der Meeresboden zu festem Lande wurde. Auch James Hall lenkte die Aufmerksamkeit schon lange (1812) auf die Verbindung von schwimmendem Eis mit Erdbebenwellen, als einem Mittel zum Transprot erratischer Blöcke*). Obgleich Playfair**) schon darauf hingewiesen, dass Gletscher das Mittel zur Fortschaffung erratischer Blöcke waren, und selbst schon 1806 folgerte, dass die Blöcke auf dem Jura durch die Ausdehnung alter Alpengletscher bis nach jener Bergkette hin gebracht worden seien, so erregte der Gegenstand doch eine lange Zeit keine weitere Aufmerksamkeit. Venetz***),

*) *On the revolutions of the Earth's surface* (1812), *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, Vol. VII, p. 157.

**) *Illustrations of the Huttonian Theory*, §. 349.

***) *Bibliothèque Universelle de Genève*, tom. XXI, p. 77, und „Denkschriften der Schweizerischen Gesellschaft" I. Bd. Zürich 1833.

Digitized by Google

der Gelegenheit zum Studium der Gletscherbewegungen hatte, theilte später (1821) dieselbe Ansicht, die weiterhin Charpentier[1]) 1835 annahm und Agassiz[2]) (1837) weiter ausdehnte. Der Gegenstand erweckte dann allgemeineres Interesse, namentlich durch die Schriften von Charpentier[3]) und Agassiz[4]), und die durch jetzige Gletscher und schwimmendes Eis hervorgebrachten Wirkungen, verbunden mit der Wahrscheinlichkeit eines kälteren Zustands der nördlichen Theile von Europa, Asien und Amerika in einer verhältnissmässig jugendlichen Zeit, bilden jetzt einen gewöhnlichen Gegenstand geologischer Untersuchungen.

Lyell machte schon lange auf die Verbreitung von Blöcken und kleineren Gesteinsstücken über dem Meeresboden vermittelst Eisbergen aufmerksam, und auf die Art und Weise, wie man solchen Detritus in einem verschiedenen Niveau finden müsse, wenn dieser Meeresboden erhoben und festes Land bilden würde[5]). Später, im Jahre 1840, als er die Wirkung von Treibeis, welches mit Schlamm und Gesteinsblöcken beladen war, erwähnte, zeigte er, wie schwimmendes Eis beim Stranden auf Küsten oder Sandbänken so die oberen Schichten von Schlamm, Sand und Grus drücken könnte, dass gebogene Massen dieser Schichten auf ungestörten horizontalen Lagen darunter ruhen[6]). Aber erst bei einem Besuche von Agassiz in England im Jahre 1840, der seine Gletscherideen auch auf dieses Land ausdehnte, zog die frühere Existenz von Gletschern in dem letzteren die Aufmerksamkeit auf sich[7]). Zur Begründung dieser Ansicht haben seitdem Buckland[8]), Lyell[9]), Forbes[10]), Darwin[11]) und Andere viele Thatsachen beigebracht. Darwin schliesst aus einem grossen, offenbar von Wales kommenden Grünsteingeschiebe auf Ashley Heath in Staffordshire, 803 Fuss über dem

---

[1]) *Notice sur la cause probable du Transport des Blocs Erratiques de la Suisse, Annal. des Mines* (3.) VIII. 1835.

[2]) Rede vor der helvetischen naturforschenden Gesellsch. in Neufchatel. 1837.

[3]) *Essai sur les Glaciers et sur le Terrain Erratique du Bassin du Rhone.* Lausanne 1841.

[4]) *Etudes sur les Glaciers.* 1840.

[5]) *Principles of Geology.* 1832.

[6]) *On the Boulder Formation or Drift and associated fresh-water deposits, composing the mud cliffs of Eastern Norfolk.* Siehe *Proceedings of the Geological Society of London* (Jan. 1840). Vol. III.

[7]) Agassiz in *Proceedings of the Geological Society of London.*

[8]) *Proceedings of the Geological Society of London.* Vol. III, p. 332 (1840) und Vol. III, p. 579 (1841).

[9]) *Geological Evidence of the former Existence of Glaciers in Forfarshire.*

[10]) *Notes on the Topography and Geology of the Cuchullen Hills, in Skye*, in *Edinb. New Philos. Journ.* 1846. Vol. XI. p. 76.

[11]) *Notes on the effects produced by the ancient Glaciers of Caernarvonshire and on the Boulders transported by floating Ice* im philosoph. Magazine 1842. Vol. XXI. p. 180.

Digitized by Google

Meere, auf eine beträchtliche Senkung von England unter das Meer und aus anderen Thatsachen auf eine Senkung von Schottland, die 1300 (engl.) Fuss betrug *). Blickt man auf die Höhen, bis zu welchen sich Gerölle in Wales erstrecken, und die oft augenscheinlich die Reste von Massen von Küstengeschieben und Küstensand sind, so ist dort eine gleiche, wenn nicht grössere Senkung unter das jetzige Meeresniveau anzunehmen. In Irland findet man grosse, bisweilen auf Höhen liegende Granitblöcke, inmitten von Furchen und Streifen auf der Oberfläche der darunter liegenden Gesteine, in Höhen von 1000 Fuss und mehr. In einigen Fällen scheint man einen Theil der identischen Blöcke vor sich zu haben, die die unterliegenden Felsflächen ritzten und furchten.

An manchen Orten findet man oft beträchtlich grosse erratische Blöcke in verschiedenen Höhen über Gesteinen ihrer Art, von denen man ihr Herkommen ableitet. Obgleich es klar ist, dass jedes so getrennte Bruchstück die Felsmasse, von der es herkommt, um so viel in ihrem Volumen und vielleicht auch in ihrer Höhe in Bezug auf das Meeresniveau verändert hat, und dass folglich, wo viele solche Blöcke abgetrennt wurden, frühere aus solchen Gesteinen bestehende Höhen durch den erlittenen Verlust reducirt worden sind, so giebt es doch Fälle, wo die Annahme nicht hinreicht dass ein Transport von erratischen Blöcken durch Eis in einer solchen Weise bewirkt wurde, dass, während höhere Theile des Muttergesteins in dem verlangten Niveau wegschwammen, die übrig bleibenden niedrigeren Theile auf die gewöhnliche Weise bei dem Aufsteigen des Landes abgeschwemmt wurden. Darwin bringt in dieser Beziehung die wahrscheinliche Wirkung von Senkungen des Landes, wo sich Küsteneis bilden konnte, auf Gesteinsblöcke in Anschlag, die durch Eis an seine Ufer transportirt worden waren. Er zeigt, dass erratische Blöcke und andere Theile des Strandes an solchen Ufern allmälig erhoben werden konnten, als das Land versank, so dass zuletzt Küstendetritus mit Gesteinsblöcken, die vom Eise aus verschiedenen Entfernungen herbeigeführt worden waren, bis zu einer grösseren Höhe erhoben wurde, als er sich ablagerte, oder die letzteren strandeten. Blöcke und andere Bruchstücke und Geschiebe der Küste konnten dann bei der späteren Erhebung des Landes aus dem Meere über dem Niveau vorkommen, in welchem die Reste ihres Muttergesteines jetzt gefunden werden.

Ueber die erratischen Blöcke der Alpen **) und der benachbarten Länder sind eine grosse Menge Thatsachen gesammelt worden. Die hauptsächlichste Thatsache, dass die Blöcke und der mehr zerkleinerte

---

*) Philosoph. Magazin 1842. Vol. XXI. p. 186.

**) Wir verweisen auf d'Archiac's *Histoire des Progrès de la Geologie de* 1834—1845, tom. II. chap. 5.

Digitized by Google

Detritus von den höheren Alpen auf beiden Seiten der Kette nach aussen geführt wurden, woraus hervorgeht, dass die Ursache der Ausstreuung in den Alpen selbst gelegen war, bildet die Grundlage der hauptsächlichsten neueren Hypothesen über diesen Gegenstand, mögen sich diese nun auf das plötzliche Schmelzen des Schnees und der Gletscher durch die die letzte Erhebung dieser Gebirgskette begleitende Hitze und Dämpfe, auf die frühere grosse Ausdehnung der Alpengletscher oder auf die letztere im Verein mit einer beträchtlichen Senkung des Landes gründen, wobei das Meer in viele Alpenthäler eintrat, und möglicher Weise auch Küsteneis entstand.

Von Buch, de Luc, Escher, Elie de Beaumont und andere Geologen haben seit Langem gezeigt, dass, nach der Art des Vorkommens der erratischen Blöcke der Alpen, die grossen Thäler derselben vor ihrer Ausstreuung existirten, und es sind eine Menge von Beobachtungen über den Ort des Ursprungs bestimmter Arten von Blöcken gemacht worden. Die Grösse der Blöcke auf beiden Seiten der Alpen in Verbindung mit den Entfernungen, über welche sie von ihrem Muttergestein gegangen sein müssen, hat ebenfalls die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Der Pierre à Bot oberhalb Neufchatel, Fig. 105,

Fig. 105.

giebt ein gutes Beispiel von einem erratischen Block, der auf dem Abhange des Jura weit von seiner Quelle entfernt liegt. Diese Granitmasse wird auf 40,000 Cubikfuss geschätzt und ist 16 deutsche Meilen von dem Kamme der Vollaterra nördlich von Martinach hertransportirt worden. Die Blöcke des Jura müssen über das grosse Schweizerthal gekommen sein, welches zwischen dieser Kette und den Alpen liegt. Die Blöcke auf dem Chasseron steigen bis zu einer Höhe von ungefähr 3600 Fuss hinauf. Auf der Südseite der Alpen sieht man merkwürdige Massen von erratischen Blöcken in der Nachbarschaft des Lago di Como und Lecco. Man findet sie hoch hinauf an der nördlichen Seite des Monte San Primo, einem Berge, der von den Hochalpen durch den Comersee getrennt ist. Die folgende Fig. 106, s. f. S., ist ein Durchschnitt dieses Berges, und zeigt, wie erratische Blöcke auf ihm ruhen. *P* Monte San Primo, *B* Vorsprung von Bellaggio, der sich aus

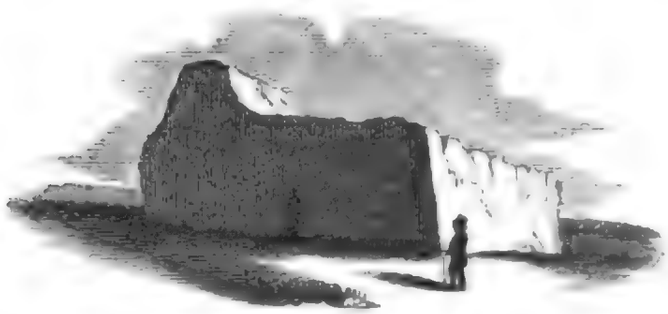
Digitized by Google

dem Comersee *C* erhebt; *aaaa* Blöcke von Granit, Gneuss u. s. w., die

Fig. 106.

über die Oberfläche von Kalkstein *llll* und den Dolomit *ddd* zerstreut sind. *V* die Commune di Villa, wo eine früher vorhandene Einsenkung jetzt ganz mit transportirten Blöcken und kleinerem Detritus ausgefüllt ist. Auf der Nordseite der Alpi di Pravolta *V*, sieht man den hier dargestellten Block (Fig. 107), der indessen nicht sowohl durch

Fig. 107.



seine Grösse merkwürdig ist, als weil er die geringe Abreibung zeigt, die er während seines Transports von der höheren Alpe in seine jetzige Lage erlitten hat.

Auch über die Vertheilung der erratischen Blöcke im nördlichen Europa und über ihren Ursprung in Scandinavien sind viele Untersuchungen angestellt worden. Dieselben gehen von Holland durch Preussen nach Voroneje in Russland, und von da nördlich nach dem Golf von Tscheskaia am Nordmeere. Von dem Deutschen Meere im Westen bis zu dem Weissen Meere im Osten ist ein Flächenraum von 500 Meilen Länge und von 100 — 200 Meilen Breite mehr oder weniger von lockeren Ablagerungen bedeckt, in denen sich Blöcke von bedeutender Grösse finden, und alle rühren von den Scandinavischen Bergen her.

Betrachtet man die Art und die Ausdehnung des Landes, welches dergestalt mehr oder weniger mit erratischen Blöcken bedeckt ist, und die Lage, welche die Scandinavischen Berge in Bezug auf eine grosse Senkungsfläche erreichen würden, so ist die Ansicht, dass, wie dort, losgerissene Eisberge und Küsteneis das Hauptmittel zur Ausstreuung von Blöcken und von sonstigem Detritus von einer grossen insularen Fläche, wie Scandinavien, gewesen sind, durchaus nicht unwahrscheinlich. Eine sorgfältige Untersuchung von Scandinavien selbst zeigt, dass das ganze Land über das jetzige Niveau des benachbarten Meeres in verhältnissmässig jugendlichen geologischen Zeiten erhoben wurde, und in Uebereinstimmung mit dieser Ansicht hat man eine Streifung der Felsen und eine Verbreitung der Blöcke von diesem Mittelpunkte nach aussen gefunden.

In der Gegend der erratischen Blöcke sieht man Rücken, welche aus ihnen und anderem lockeren Material bestehen, und oft auf beträchtliche Entfernungen fortlaufende Linien bilden. Diese heissen gewöhn-

Digitized by Google

lich Skärs oder Oesars. Rasoumouski machte 1819 zuerst auf ihre Existenz in Russland und Deutschland aufmerksam und bemerkte, dass sie gewöhnlich in Reihen auftreten, welche eine Richtung von Nordosten nach Südwesten haben. Brongniart zeigte 1828, dass die von Schweden zwar zuweilen anastomosiren, aber im Allgemeinen eine Richtung von Norden nach Süden haben. Der Ursprung dieser reihenförmigen Ablagerungen ist vielfach besprochen worden. Nach der Annahme, dass Reihen von Blöcken durch Gletscher und den Drift von Eisbergen und Küsteneis in bestimmten Richtungen angehäuft wurden, und dass später bei der Erhebung solcher Ablagerungen die Wirkung der Brandung sich eine Zeit lang bei ihnen geltend machen musste, lassen sich sehr complicirte Zustände erwarten.

Im nördlichen Amerika nehmen die erratischen Blöcke einen grossen Flächenraum ein, und einige finden sich noch im 40sten Grad nördlicher Breite. Hier, wie im nördlichen Europa, ist der allgemeine Drift des Detritus von Norden nach Süden, und Blöcke in verschiedenen Höhen, gefurchte und gestreifte Oberflächen der darunter liegenden Felsmassen und Oesars oder reihenförmige Ablagerungen kommen in derselben Weise vor. Solche ähnliche Wirkungen deuten auf ähnliche Ursachen und sie sind deshalb auch ganz auf dieselbe Weise erklärt worden. Eine Ausbreitung gewisser Blöcke von einem bestimmten Punkte aus, wie z. B. in den Alpen, ist in den Vereinigten Staaten nicht beobachtet worden. Henry Rogers zeigte, dass die Streifungen nicht von dem Hochlande ausstrahlen, sondern dass sie in den Bergen von Neu-England und in den grossen Ebenen des Westens, in Pennsylvanien, Vermont und Massachusetts in allen Höhen eine südöstliche Richtung haben, und nur die unteren Theile der grösseren Thäler davon ausgenommen sind. In den gebirgigen Theilen dieser Gegend sind die nach Norden und Nordwesten offenen Höhen und Abhänge am meisten geglättet und gestreift. Blöcke von beträchtlicher Grösse hat man in Neu-England, New-York und Pennsylvanien 1000 — 1500 Fuss über dem Meere gefunden.

Auch in Südamerika finden sich erratische Blöcke. Darwin fand sie am Santa Cruz in Patagonien in 50° 10′ Südbreite und ungefähr 17 deutsche Meilen von der nächsten Cordillera entfernt. Näher nach den Bergen zu, bei 13 Meilen, wurden sie ausnehmend zahlreich. Ein viereckiger Block von Chloritschiefer mass 16 Fuss auf jeder Seite und stand 5 Fuss über dem Boden; ein anderer mehr abgerundeter mass 60 Fuss im Umfang. Viele andere Stücke waren zwei bis vier Fuss im Durchmesser. Die grosse Ebene, auf welcher sie lagen, war 1400 Fuss über dem Meere und senkte sich allmälig nach Klippen von 800 Fuss Höhe. Andere Geschiebe fanden sich auf einer Ebene, welche über einer anderen von 440 Fuss Höhe lag, durch welche derselbe Fluss fliesst, und 800 Fuss über dem Meere. In dem Thale des Santa

Digitized by Google

Cruz und 7 — 10 Meilen von der Cordillera, deren höchster Theil in dieser Breite bis zu ungefähr 6400 Fuss steigt, entdeckte man Blöcke von Granit, Syenit und Conglomerat, die man nicht in den höheren Ebenen fand. Darwin glaubt, dass diese nicht die Bruchstücke der auf der höheren Ebene gefundenen sind, sondern dass sie später von den Cordilleren hertransportirt wurden. Er hatte keine Gelegenheit, andere erratische Blöcke in Patagonien zu beobachten, verweist aber auf die grossen Felsstücke, welche Capitän King auf der Oberfläche von Cap Gregory fand, einer ungefähr 800 Fuss hohen Landspitze auf dem nördlichen Ufer der Magelhaens-Strasse. Darwin beschreibt auch Felsstücke von verschiedenen Grössen und Arten in Tierra del Fuego und der Magelhaens-Strasse zwischen geschichteten und ungeschichteten Ablagerungen von einem ähnlichen allgemeinen Charakter, wie die aus derselben geologischen Zeit in Europa. Viele von den erratischen Blöcken sind gross. Einer in der Bucht St. Sebastian an der Ostküste vom Feuerland hatte 47 Fuss im Umfang und stand 5 Fuss aus dem sandigen Ufer hervor. Der allgemeine Drift dieser Ablagerungen ist von Westen her, in der Weise, wie transportirte Gesteinsfragmente durch eine Strömung getrieben werden würden, wie sie jetzt gegen das Land setzt. Nördlich vom Cap Virgins, ausserhalb der Magelhaens-Strasse, sollen die eingelagerten Fragmente 30 geographische Meilen weit oder mehr von Westen und Südwesten hergebracht worden sein. An der nördlichen und östlichen Küste der Insel Chiloe, die sich vom 43° 26′ bis 41° 46′ Südbreite erstreckt, entdeckte Darwin eine Menge von granitischen und syenitischen Fündlingen, von dem Strande an bis zu einer Höhe von 200 Fuss auf dem Lande. Er schliesst, dass diese Geschiebe mehr als 10 Meilen von den Cordilleren im Osten her gekommen sind.

Nach der Annahme, dass ein grosser Theil des jetzigen Festlandes des nördlichen Europa, Asien und Amerika von einem Meere bedeckt war, auf welchem sich Eis bildete, und in welches sich Gletscher in niedrigeren Breiten als jetzt erstreckten, lässt sich erwarten, dass man in den Meeresablagerungen dieser Gegenden aus jener Zeit, welche jetzt an die Atmosphäre erhoben sind, Beweise von thierischem Leben finden sollte, das der damaligen niederen Temperatur entspricht. Und in der That hat man solche Reste gefunden.

Trimmer zeigte zuerst im Jahre 1831, dass in England in Ablagerungen aus jener Zeit und in einer beträchtlichen Höhe über dem Meere (1392 Fuss) auf dem Moel Trefan, einem von den Vorbergen der Caernarvonshirer Gebirge, Stücke von *Buccinum*, *Venus*, *Natica* und *Turbo* von lebenden Arten vorkommen. Er gab auch an, dass an den Abhängen des Snowdon und zwischen ihnen und dem benachbarten Meer, in der Menai-Strasse sich grosse Anhäufungen von Geschieben

Digitized by Google

und Schutt mit Feuersteinen finden, die aus einer Entfernung gekommen und mit anderen von einer localen Art gemischt sind.

Murchison schloss aus diesen Thatsachen im Jahre 1832 und aus der von ihm bestätigten Entdeckung von Muscheln lebender Arten in dem Grus und Sand von Lancáshire durch Gilbertson, und nach dem Auffinden ähnlicher Ablagerungen über einen grossen Landstrich, dass das Material des alten Ufers von Lancashire und des Aestuariums des Ribble während einer langdauernden Periode abgelagert und nach der Schöpfung vieler jetzt noch lebender Arten von Mollusken erhoben und trocken gelegt wurde. Eine Menge von Thatsachen derselben Art wurde von verschiedenen Beobachtern bemerkt, aber der Schluss, dass diese Mollusken eine niedrigere Temperatur in jener geologischen Zeit als die jetzige darthun, wurde erst bestimmt durch Smith im Jahre 1839 ausgesprochen. Er entdeckte Muscheln an Stellen, wo ihre Thiere lebten und starben, in den Grafschaften Lanark, Renfrew und Dumbarton, und folgerte, dass sie durch eine Senkung begraben wurden, wodurch eine früher bei halber Fluth gebildete Ablagerung in eine solche eines tieferen Meeres verwandelt wurde. Durch diese und andere Untersuchungen erhielt Smith eine Menge von Beweisen, aus denen er schloss, dass das Klima von England kälter gewesen sei, als es jetzt ist, hauptsächlich da er arctische Mollusken aus diesen Ablagerungen erhielt, die jetzt nicht an den Küsten von England gefunden werden.

Edward Forbes zeigte, auf die bekannten Thatsachen und seine eigenen Beobachtungen gestützt, im Jahre 1846, dass die Zahl der Molluskenspecies, die in den Ablagerungen von England aus dieser geologischen Zeit gefunden werden, 124 beträgt, die alle, mit einigen wenigen jetzt in den Britischen Meeren vorkommenden Ausnahmen, einen kälteren Zustand der Gegend anzeigen als jetzt. Da ein möglicher Irrthum entstehen könnte, wenn man auf das Vorkommen von Arten in verschiedenen Tiefen in dem Meere keine Rücksicht nimmt, so bemerkt er, dass es unter den in diesen Ablageruugen und an Stellen gefundenen Muscheln, auf denen sie gelebt haben und gestorben sein müssen, solche giebt, wie die *Littorinae*, *Purpura*, *Patella* und *Lacunae*, die nicht nur seichtes Wasser, sondern in den drei ersten Beispielen auch eine Küstenlinie darthun.

Aus einer Betrachtung der Flora der Britischen Inseln und der wahrscheinlichen Quellen, aus denen ihre einzelnen Abtheilungen herrühren, schloss Forbes, dass ein Theil aus dem Norden kam, als die höheren Theile dieser Inseln allein über dem Meere waren, in einer Zeit, die derjenigen entspricht, in welcher die in den benachbarten Meeren lebenden Mollusken den oben erwähnten Charakter hatten, und als das Klima kälter war, als es jetzt ist, und die Landflora bestätigt also den Schluss, den man aus den Resten der Meeresmollusken gezogen hat. Unter solchen Verhältnissen gediehen Pflanzen von einem

Digitized by Google

halbarctischen Charakter bis zum Rande des Wassers. Als der ganze Flächenraum später gehoben wurde, wurden die früheren Eilande zu Berghöhen, und die mit ihnen gehobenen Pflanzen gediehen auch ferner und blieben so verbreitet, wie wir sie jetzt finden, da die für sie tauglichen klimatischen Bedingungen fortdauerten *).

Als Bestätigung seiner Ansichten über die Wirkung einer grossen Kälte in jener Zeit auf die Meeresmollusken in den Britischen Meeren fand Forbes bei seinen Untersuchungen mit der Austernschleppe, dass es in der Nähe der Küste Einsenkungen im Meere giebt, in denen Mollusken von arctischem Charakter noch jetzt vorhanden sind, gleichsam als wären sie in den Einsenkungen während eines allgemeinen Steigens des Seegrundes festgehalten worden, so dass ihre Keime noch die nöthigen Bedingungen für ihre Entwicklung in solchen Einsenkungen fanden und umkamen, wenn sie darüber hinaus gingen.

Verlässt man den kleineren Flächenraum der Britischen Inseln und blickt auf das weite Gebiet, welches sich von Scandinavien östlich längs des Nordens von Asien nach der Behrings-Strasse hinzieht, so kann man nicht erwarten, in diesen höheren Breitengraden in den Resten begrabener Meeresmollusken oder in der dort existirenden Flora Beweise zu finden, dass in jener geologischen Zeit dort ein kälteres Klima als jetzt geherrscht hat. Nach der Hypothese einer von einer grösseren Kälte begleiteten Senkung des Landes sieht man leicht ein, dass die Meeresfauna und die Landflora jener Gegend sich an die in verschiedenen Zeiten herrschenden Verhältnisse anschloss, indem die eine sich an den neuen Ufern verbreitete, die andere nach dem rechten Boden wanderte, als der Meeresboden sich veränderte und die Temperatur niedriger oder höher wurde. Indessen lieferte die Entdeckung ganzer, jetzt nicht mehr vorhandener Thiere im Eis oder gefrorenem Schlamm mit Fleisch und Haaren in jenen hohen nördlichen Breiten einen Theil des verlangten Beweises.

Es ist jetzt ungefähr ein halbes Jahrhundert, als der Körper eines Elephanten von einer nicht mehr lebenden Art, dessen Reste indessen in den späteren geologischen Ablagerungen der nördlichen Theile der nördlichen Halbkugel weit verbreitet sind, und mit Fleisch so frisch, dass Bären und Wölfe es verzehrten, nahe am Ausfluss der Lena in Sibirien in 70° Nordbreite gefroren gefunden wurde. Auch der Körper einer jetzt erloschenen Nashornart, dessen harte Reste auch an denselben Orten gefunden werden, wurde von Pallas 30 Jahre früher im Zustande einer Mumie in 64° Nordbreite an den Ufern des in die Lena fliessenden Wiljue erhalten. Der Körper roch nach faulem Fleisch,

*) Vergl. Forbes in *Memoirs of the Geological Survey of Great Britain.* Vol. I. p. 367.

Digitized by Google

und das Haar war zum Theil noch an dem Körper. Diese Entdeckungen führten schon lange auf Speculationen hinsichtlich einer Veränderung des Klimas in Sibirien, und man nahm an, dass die genannten Thiere plötzlich durch Kälte umgekommen seien, so dass ihre Leichname erhalten wurden. Playfair glaubte (1822), dass die jetzt erloschenen Elephanten und Nashörner von Sibirien in einem kalten Klima leben konnten, obgleich die der heutigen Zeit ein warmes bewohnen, und dass sie mit den Jahreszeiten wanderten und hierdurch den strengen Wintern dieser Breitengrade entgingen. Auch glaubte er, dass sie weiter nach Süden lebten, als die Orte, wo ihre Reste jetzt gefunden werden, und in den Thälern zwischen den grossen Bergketten, die Sibirien auf jener Seite begrenzen. Lyell sprach im Jahre 1835 eine ähnliche, aber allgemeinere Ansicht aus. Indem er von dem Reichthume von Elephantenresten in den Ablagerungen von Sibirien spricht, ein Reichthum, der so gross ist, dass seit Langem ein Handel mit ihren Stosszähnen getrieben wird, und bemerkt, dass die Ablagerungen, in denen sie sich finden, unter dem Niveau des Meeres gebildet sind, da sie Reste von Meeresmuscheln enthalten, und dass jetzt eine langsame Erhebung der Ufer des Eismeeres stattfindet, kommt er zum Schluss, dass eine beträchtliche Veränderung in der physikalischen Geographie der ganzen Gegend stattgefunden hat, und eine bedeutende Zunahme von Land nach Norden das Resultat einer lange dauernden und langsamen Erhebung des Landes und Meeresbodens war. Dabei nimmt Lyell eine langsame Temperaturabnahme an, so dass die Elephanten und Nashörner allmälig umkamen, obgleich sie besser geeignet gewesen sein mögen, in kälteren Gegenden zu leben, als eine der jetzt existirenden Arten.

Murchison und seine Collegen kommen in ihren geologischen Untersuchungen von Russland zu ähnlichen Ansichten und nehmen an, dass der Ural, der Altai und die benachbarten Gegenden von Sibirien über dem Meere waren, als diese grossen Säugethiere existirten, und dass sie in Heerden in der Nähe der Seen und Aestuarien lebten, in welche ihre Reste geschwemmt wurden. Es geht besonders aus den Untersuchungen von Middendorf hervor, dass die mit diesen Resten gefundenen Mollusken zu Arten gehören, die jetzt in den Meeren jener Gegend existiren, so dass die Mollusken jener Zeit und der benachbarten Meere nicht solchen Verhältnissen ausgesetzt waren, die ihre Vernichtung herbeiführten. Middendorf erwähnt auch, dass im Jahre 1843 der Leichnam eines Elephanten in dem Tas zwischen dem Obi und Yenisei, ungefähr in 66° 30′ Nordbreite gefunden wurde, an dem manche Fleischtheile noch in einem so vollkommenen Zustande waren, dass der Augapfel jetzt in dem Museum von Moskau sich befindet. Murchison, Verneuil und Keyserling bemerken auch bei der Beschreibung der Ausdehnung und der Grenzen der erratischen Blöcke von Russland, dass der Flächenraum vom Perm, Viatka und Orenburg

Digitized by Google

wahrscheinlich in dieser Periode über dem Wasser und von dem Mammuth bewohnt war.

Bezüglich der wahrscheinlichen Lebensweise und der Nahrung dieses Elephanten (*Elephas primigenius*) und des Rhinoceros (*Rhinoceros tichorhinus*) haben die Untersuchungen von Owen gezeigt, dass nach physiologischen Gründen der *Elephas primigenius* die nöthigen Subsistenzmittel heut zu Tage und in allen Jahreszeiten in dem sechzigsten Breitengrade finden konnte, so dass, wenn man mit Playfair und Lyell annimmt, dass dieses Thier während der wärmeren Jahreszeiten nach Norden wanderte, wie viele Säugethiere des Nordens jetzt thun, der Mammuth, wie man diesen ausgestorbenen Elephanten heisst, leicht auf dem Lande leben konnte, das in dieser Periode über dem Wasser war. Indem diese Thiere solche Wanderungen während der Hitze des kurzen nördlichen Sommers machten, wurden sie in ihrem Fortschritt nach Norden durch ein Verhältniss aufgehalten, dem das Rennthier und der Moschusochse nicht unterworfen sind, nämlich den Grenzen der Baumvegetation, die ihnen indessen doch erlaubte, den siebenzigsten Breitegrad zu erreichen. In Bezug auf die Lebensweise und die Nahrung des zweihornigen Rhinoceros, das in Sibirien gefroren gefunden worden, sind die Schlussfolgerungen nicht so klar als bei dem Mammuth. Aus der grösseren Menge von Haar, die Pallas bei dem erloschenen und gefrorenen Rhinoceros bemerkte, im Vergleich zu dem lebenden, schloss er, dass dasselbe in den gemässigten Gegenden von Asien gelebt haben könne. Owen bemerkt, dass zwar die Molarzähne des *Rhinoceros tichorhinus* eine eigenthümliche Structurmodification darbieten, indessen doch nicht von der Art sind, dass sie den Schluss rechtfertigen, dass dasselbe leichter eine saftige vegetabilische Nahrung enthehrt haben könnte, als seine lebenden Verwandten; und wir müssen deshalb annehmen, dass die gut behaarten Individuen, die ihre Wanderungen während des kurzen, aber heissen sibirischen Sommers nach Norden ausdehnten, genöthigt waren, nach Süden zu wandern, um während des Winters die nöthige Nahrung zu erhalten*).

Alle angeführten Thatsachen bezüglich des Klimas im nördlichen Europa in jener Zeit weisen darauf hin, dass eine beträchtliche Senkung eines grossen Flächenraumes unter das Niveau des Atlantischen Oceans stattgefunden hat, dass eine Zunahme der Kälte statthatte, in Folge deren in Scandinavien und wahrscheinlich selbst in den Britischen Inseln Gletscher bis ins Meer reichten; dass die Gletscher in den Alpen sich vergrösserten, wenn sie sich nicht selbst bis ins Meer erstreckten, dass Eisberge und Küsteneis vorhanden waren, welche grössere Massen und kleinere Gesteinsbruchstücke über einen beträchtlichen Theil von Europa verbreiteten, dass Ufergerölle, Sand und Schlamm, in Begleitung von

*) R. Owen in *History of the British Fossil Mammals and Birds.* 1846.

Digitized by Google

transportirten Resten von Land- und Meerthieren sich finden und eine Bewegung von Landpflanzen in Uebereinstimmung mit der niederen damals vorhandenen Temperatur statthatte. Die Menge von Land, welche vor dieser Senkung über dem Meere war, ist ungewiss. Es mag mehr oder weniger gewesen sein, als wir jetzt finden, obgleich Ablagerungen von verschiedener Dicke in dieser Zeit angehäuft wurden und jetzt einen Theil des festen Landes von Europa und wahrscheinlich auch einen Theil des benachbarten Meergrundes ausmachen.

Was die grossen Säugethiere betrifft, deren Leichen so trefflich in Sibirien erhalten sind, so können wir mit Owen zugestehen, dass sie vollkommen geeignet waren, in einem Klima, wie das jetzige des nördlichen Europas und Asiens, und bis zu einem hohen Breitegrade zu leben. Mit dieser Voraussetzung musste in jener Zeit einer grösseren Kälte ihre Ausbreitung nach Norden selbst in der Sommerzeit beschränkt werden, nicht nur dadurch, dass die Küsten unter das Meeresniveau sich senkten, sondern auch durch die angenommene Abnahme der Temperatur. Die grossen, nach Norden fliessenden Flüsse würden dann, wie Humboldt, Lyell und Murchison gezeigt haben, sich unter ähnlichen Verhältnissen befinden, wie jetzt ihre Mündungen, würden niedereren Temperaturen ausgesetzt sein, als ihr Lauf in gemässigteren Regionen, und dieselben konnten, wie jetzt, an ihren Mündungen durch Eis verstopft werden. Bei einem solchen Zustande der Dinge konnten die Elephanten und Nashörner in einem Klima mit niedriger Temperatur leben, ihre Reste wurden in dem in Seen und an den damaligen Mündungen der nördlichen Flüsse sich bildenden Detritus begraben, zahllose Leichname wurden ins Meer geführt und in Eis, gefrorenem Schlamm und Sand erhalten zwischen Ablagerungen, die die Reste von Meeresmollusken enthalten, wie sie jetzt noch in dem benachbarten Polarmeere leben.

Die Ursache des Erlöschens dieser grossen Säugethiere erfordert eine sorgfältige Beachtung der mit dem Begraben und der Erhaltung ihrer Reste verknüpften Thatsachen. Humboldt bemerkt im Kosmos, dass die Ursache der jetzt in Polen und Russland bis zu dem Ural herrschenden niederen Temperatur darin gesucht werden muss, dass die Gestalt der Continente weniger eingeschnitten, compacter und ausgedehnter wurde, dass das Meer sich weiter entfernte und die westlichen Winde einen schwächeren Einfluss hatten. Jenseits des Ural werden westliche Winde, die über weite Strecken von Land wehen, welches während mehrerer Monate mit Eis und Schnee bedeckt ist, zu kalten Landwinden. Von solchen Umständen der Configuration und der atmosphärischen Strömungen hänge die Kälte des westlichen Sibiriens ab. Durch eine Senkung des jetzigen Festlandes bis zu dem angenommenen Grade, ohne Begleitung der vorausgesetzten allgemeinen Abnahme der Temperatur im nördlichen Europa, war im nördlichen Europa und asiatischen Russland in

Digitized by Google

den über dem Wasser befindlichen Theile Grund genug zu einer höheren Temperatur, als der jetzigen gegeben; in wie weit dieses aber mit einer Abnahme der Temperatur von Scandinavien, den Britischen Inseln und einem Theil von Centraleuropa übereinkommt, so dass Gletscher sich bis zu dem damaligen Meeresniveau erstreckten, ist schwieriger zu begreifen. Weil indessen Eisberge von Scandinavien wegschwammen und an den Ufern des damaligen Continents von dem Gouvernement Perm bis Holland strandeten, ist es nicht nöthig, anzunehmen, dass die Temperatur dieser Gegenden sehr niedrig war, ebensowenig wie die Temperatur von Neufundland diejenige von Grönland und der Baffinsbai ist, von wo die gestrandeten Eisberge kommen, wobei immer der Einfluss einer grossen Menge von Eisbergen in gewissen Jahreszeiten zugegeben werden kann. Selbst zugegeben, dass die Temperatur von Sibirien, als das Land stieg, eine solche wurde, wie wir sie jetzt finden, so scheint daraus nicht zu folgen, dass die Mammuthe nothwendig durch die Kälte oder den Mangel an Nahrung umkamen *).

Angenommen, dass die grosse Kälte für ihre Fortdauer in Sibirien ungünstig war, und dass das Land nach den Bergen im Süden hin sich ebenso wenig für ihre Lebensweise eignete, und dass sie auf diese Weise

*) Owen bemerkt über diesen Gegenstand, dass uns in Bezug auf die geographische Verbreitung des *Elephas primigenius* in gemässigten Breitegraden die Verbreitung seiner fossilen Reste lehrt, dass derselbe den 40sten Breitegrad nördlich vom Aequator erreichte. Aus der Geschichte wissen wir zu gleicher Zeit, dass das Rennthier früher eine ausgedehntere Verbreitung in den gemässigten Breiten von Europa als jetzt besass. Die Haarbekleidung des Mammuth stimmt indessen mit den Localitäten überein, wo seine Reste am häufigsten vorkommen, und zeigt, dass seine Hauptheimath, wie die des Rennthiers, in der nördlichen gemässigten Zone war. Man hat versucht, das Erlöschen der nördlichen Race der Elephanten durch Veränderung in dem Klima ihrer Hemisphäre oder durch gewaltsame geologische Katastrophen und dergleichen ausserordentliche Ursachen zu erklären. Wenn wir dieselbe Hypothese zur Erklärung des offenbar gleichzeitigen Erlöschens der riesenhaften blätterfressenden Nagethiere von Südamerika anwenden, so scheinen die geologischen Erscheinungen jenes Continentes im Widerspruch mit dem Vorkommen solcher zerstörender Veränderungen zu stehen. Unsere verhältnissmässig kurzen Erfahrungen über das Leben und die Dauer der Arten innerhalb der historishen Periode reichen gewiss nicht hin, bei jedem Falle von Aussterben einen gewaltsamen Tod anzunehmen. Was viele von den grösseren erloschenen Säugethieren, besonders von Amerika und Neuholland, angeht, so ist es nach der Abwesenheit hinreichender Zeichen einer plötzlichen Ursache des Erlöschens oder einer Convulsion ebenso statthaft, mit Brocchi anzunehmen, dass die Art, wie die Individuen die Ursache ihres Erlöschens in ihrer ursprünglichen Organisation tragen, unabhängig von Veränderungen der Aussenwelt, und dass die Zeit ihrer Existenz oder die Periode des Erlöschens der schöpferischen Kraft von Anfang an für jede Species bestimmt gewesen sein kann. Owen in *History of British Fossil Mammals and Birds*, p. 269.

Digitized by Google

erloschen, so ist diese Schlussfolgerung nicht mit gleichem Recht auf die Länder westlich vom Ural anzuwenden.

Es ist jetzt wohlbekannt, dass der Mammuth einst weit über die nördlichen Theile von Europa, Asien und Amerika verbreitet war, und daraus folgt nach der Annahme einer gemeinsamen Abkunft oder eines Verbreitungsmittelpunktes für alle, dass sie sich über zusammenhängende Theile des festen Landes ausbreiteten, wenn sie auch jetzt durch Meere getrennt sind. Seine Reste sind in England nicht ungewöhnlich, seltner in Irland, und Owen hat den Zusammenhang dieser Inseln mit Europa nachgewiesen, als diese und andere gleichzeitige Thiere in sie einwanderten. Die Tiefe der Behringsstrasse ist sehr gering und wechselt zwischen 132 und 192 Fuss, so dass wir uns nicht wundern können, in Eschholtz-Bucht in ungefähr 66° 20′ Nordbreite an den nordamerikanischen Ufern, noch in der Meerenge, die Reste des *Elephas primigenius* mit Knochen vom Auerochs, Hirsch, Pferd und Moschusochs in einer Klippe von ungefähr 90 Fuss Höhe und auf einer Länge von mehr als einer halben deutschen Meile zu finden. Eschholtz beobachtete zuerst diese Reste auf der Reise von Kotzebue, im Jahre 1816, und man nahm an, dass die Knochen in Eis eingelagert seien; aber Beechey's Beobachtungen im Jahre 1826 haben gezeigt, dass das Eis mehr oberflächlich ist und von dem Gefrieren von Wasser herrührt, welches über die Klippe floss, und dass die Reste dieser Säugethiere sich in der That in einer Ablagerung von Thon und feinem Quarz- und Glimmersand finden. Ein Geruch nach erhitzten Knochen wurde bemerkt, wo die thierischen Reste am häufigsten waren.

Da die Bedeckung der Klippe mit Eis hier irre geführt hatte, so glaubte Buckland, dass vielleicht auch ein Irrthum bei dem Elephanten der Lena vorgefallen sei, und dass derselbe nicht in Eis, sondern in Schlamm eingeschlossen gewesen, dessen Oberfläche wie in der Eschholtz-Bai mit Eis bedeckt war. Richtige Beobachtungen in Bezug auf das Vorkommen von Thieren, die in einem verhältnissmässig frischen Zustande und zum Theil mit ihren fleischigen Theilen erhalten sind, sind wichtig, da wir schliessen müssen, dass bei einer Einlagerung in Eis dasselbe entweder immer in der Atmosphäre unaufgethaut geblieben, wenigstens soweit, als es die die Thiere einhüllenden Theile angeht, von der Zeit an, als dieselben in ihm eingeschlossen wurden bis zu der heutigen Zeit, dass das Eis unter Ablagerungen von Detritus aus dieser Periode gesenkt wurde, und ebenfalls unaufgethaut blieb, bis das Ganze wieder in die Atmosphäre erhoben, und mit den Ablagerungen, unter denen es begraben war, den klimatischen und abschwemmenden Ursachen der heutigen Zeit ausgesetzt wurde. Obgleich es Schwierigkeiten hat, Eis wegen seiner specifischen Schwere unter Wasser, besonders unter Meerwasser zu senken, wenn es nicht hinrei-

Digitized by Google

chend mit Detritus beladen ist, so kann es leicht in sehr kalten Klimaten stattfinden, dass Küsteneis gleichsam in einer solchen Weise durch Eindringen zwischen Geschiebe, Sand und Schlamm sich fest fährt, dass es durch Detritus zum Theil oder ganz bedeckt werden kann, so dass es unter diesen Verhältnissen mit darin begrabenen Thieren in Tiefen hinabsteigt, wo es nicht aufthaut. Reisende in den Polargegenden haben uns gezeigt, dass dieses der Fall sein kann, und Nachrichten über Schichten von Eis gegeben, welches sich unter den Detritusablagerungen in diesen Gegenden findet. Das bis zu einer gehörigen Tiefe hinabgestiegene Eis, welches indessen nicht unter den Einfluss der inneren Erdwärme kam, konnte dort bleiben und nur durch eine grosse Zunahme in der Temperatur aufthauen, oder indem es wieder erhoben wurde, und eine hinreichende Abschwemmung des schützenden Sedimentes stattfand, so dass die Hitze der Atmosphäre im Sommer es auflöst und die darin enthaltenen thierischen Reste blosslegt. Zu gleicher Zeit konnte Schlich und Schlamm, in welche die Körper solcher Thiere, wie Elephanten und Nashörner, bei Ueberschwemmungen geführt worden waren, leicht frieren und sich mit anderem Sediment bedecken, und so sich bis zu einem Niveau von 400 Fuss unter das Meer senken und die Reste von Thieren in einem so frischen Zustande erhalten, als wären sie eben erst begraben worden, wenn die Kälte derjenigen, die man heutigen Tages im nördlichen Sibirien findet, gleich kam*).

---

*) Die Tiefe, bis zu welcher gefrorener Schlamm und Sand in diese Gegenden herabsteigen können, ohne durch den Einfluss der Erdwärme aufzuthauen, ist nach den Untersuchungen von Helmersen zwischen 300 und 400 Fuss. Am 25sten April 1837 war die Temperatur des Bodens in einer Tiefe von 378 engl. Fuss 0,5° C., und die Schichten an den Seiten des Schachtes von 75 Fuss — 6° C. Die durchsunkenen Schichten bestanden aus Thon, Sand und Braunkohle mit Eis vermischt.

Einige Versuche von Middendorf zeigten, dass in einem Schacht in den Gallerien an der Lena und in einer Tiefe von 384 engl. Fuss, die gefrorene Rinde noch nicht durchsunken war, obgleich eine merkliche Zunahme der Temperatur nach unten bemerkt wurde. Während in einer Reihe von Versuchen ein Thermometer im Boden 7 Fuss von der Oberfläche am 25. März auf — 18,22° C. stand, stieg die Temperatur darunter allmälig bis zu — 3 C. Nach Erman war die Tiefe des aufgethauten Bodens im nördlichen Sibirien im September 1838 4 Fuss 8 Zoll in waldigen Gegenden und 6 Fuss 8 Zoll in marschigem Boden.

Da Richardson die Dicke des gefrorenen Bodens in Fort Simpson am Mackenzie-Fluss nicht über 26 Fuss fand, einem Orte, der in derselben Breite als Jakutsk liegt, so schloss d'Archiac, dass die Kälte im nördlichen Asien weit intensiver sein müsse, als in Nordamerika. Nach dieser Ansicht könnten die Thierkörper jetzt im nördlichen Sibirien durch sinkendes und steigendes Land erhalten bleiben, was in Nordamerika nicht der Fall sein würde.

Digitized by Google

Knochenhöhlen und Knochenbreccien.

Bei dieser Gelegenheit wollen wir einige Worte über die Reste derselben Arten von Elephanten und Nashörnern sagen, die mit den Ueberresten gleichzeitiger Thiere in den Ausfüllungen von Höhlen und Felsspalten gefunden werden. Die Verbindung der Britischen Inseln mit dem Continent von Europa und Asien als nothwendige Bedingung für die Wanderung des *Elephas primigenius* und *Rhinoceros tichorhinus* in dieselben ist früher erwähnt worden, und die Ueberreste dieser Säugethiere kommen so vor, dass kein Zweifel übrig bleiben kann, dass die Thiere hier die Bedingungen für ihre Existenz und ihre Vermehrung fanden. Man hat genau alle Beweise für die bestimmte geologische Periode zu erwägen, in welcher diese grossen Säugethiere in Ländern lebten, die jetzt durch ein Meer vom Continente getrennt sind, über welches sie weder willkürlich noch durch Zufall kommen konnten. Die geologische Zeit, in welcher die nöthige Verbindung zwischen den Britischen Inseln und dem Continente von Europa gebildet wurde, so dass diese und andere gleichzeitige Säugethiere von einem Theile eines grösseren Flächenraumes zu dem anderen ziehen konnten, wird deshalb zu einem Gegenstand von nicht geringem Interesse.

Der Geognost hat im Auge zu behalten, dass während irgend einer modificirten früheren Vertheilung von Land und Meer, wodurch Ablagerungen angehäuft und die Leichen von Thieren ins Meer oder in Süsswasserseen geschwemmt wurden, so dass ihre härteren Theile in Kalkmassen, Schlamm, Schlich oder Grus eingelagert, die härteren Theile der Ablagerung, in welcher sie lagen, wie jetzt in dem deutschen Meere und einigen anderen Theilen des Meeres um die Britischen Inseln weggewaschen werden konnten, entweder in die gehörigen Tiefen unter der Oberfläche des Meeres durch die Wirkung des Windes oder an den Ufern durch die Brandung, wenn die Veränderungen des Niveaus des Landes und Meeres so statthatten, dass diese Thätigkeit sich fühlbar machte. Die Stosszähne, Zähne und Knochen des *Elephas primigenius* sind auf diese Weise beim Fischen und Baggern im Südosten von England herauf gebracht worden, und zwar in einem Zustande, der wenig Merkmale von Abreibung zeigt und mehr darauf hinweist, dass sie durch die Wellen von dem Schlamm, Schlich oder Sand befreit wurden, welche sie früher einhüllten. Angenommen, dass die Elephanten und Nashörner mit anderen gleichzeitigen Thieren, deren Reste mit denen von diesen Säugethieren gefunden werden, in dem Lande vor der grossen, von einer Erniedrigung der Temperatur begleiteten Senkung gelebt haben, und dass sie sich allmälig vor dem Vorrücken des Meeres zurückzogen, wodurch die Grösse der Niederungen vermindert wurde, so mag die ursprüngliche Verbindung zwischen England und dem Continente mehr

Digitized by Google

der Ausdehnung der Tiefgrenze von 600 Fuss geglichen haben, wie in Fig. 65 und 102 gezeigt wurde. In einem solchen Zustande dieses Theils von Europa gab es dann einen weiten Flächenraum von zusammenhängendem festen Lande für die Verbreitung der Elephanten, Rhinocerosse und der gleichzeitigen, aber jetzt erloschenen Arten von Flusspferden, Ochsen, Tigern, Leoparden, Hyänen, Bären und anderen Säugethieren. Anhäufungen von Knochen konnten leicht bei der Senkung des Landes aus Sumpf oder Flussablagerungen, in welchen sie begraben waren, ausgewaschen werden, und sich mit Meeresresten aus der allmälig einbrechenden See mischen, bisweilen abgenutzt und wieder in Kies oder weniger verstümmelt oder selbst unverletzt in ruhiger gebildeten Ablagerungen eingehüllt werden. Mitunter mögen die ursprünglichen Sumpf- oder Flussablagerungen, die die Reste von diesen Thieren enthielten, niemals zu einem bedeutenden Grade gestört worden sein, so dass die Ablagerungen und die darin eingeschlossenen Knochen von den Meeresablagerungen der Zeit bedeckt wurden.

Nach der Hypothese, dass diese Thiere unter solchen Verhältnissen und vor der vorhin erwähnten Senkung sich verbreiten konnten, musste eine Zeit kommen, wo die Senkung des alten Landes eine solche war, dass, wenigstens was die Britischen Inseln betrifft, kein hinreichendes oder passendes Festland sich für dieselben fand, vorausgesetzt, dass die veränderte Temperatur sie nicht vernichtete. Wenn wir annehmen, dass dieses die Verhältnisse in diesem besonderen Falle gewesen sind, so folgt keineswegs, dass bei einer Senkung des festen Landes über einen grossen Theil von Europa nicht überflüssiger Raum für die Existenz und die Fortpflanzung des *Elephas primigenius* und des *Rhinoceros tichorhinus* blieb, selbst in dem nördlichen Asien. Das Land kann eine gleichzeitige Senkung erfahren haben, oder selbst in diesem Falle nur eine solche, dass dadurch nicht die diesen Thieren nöthigen Weideplätze abgeschnitten wurden. So konnten in mehreren Theilen von Europa beim Wiederauftauchen des Seegrundes für das früher mannigfach während seiner Senkung modificirte und mehr oder weniger mit dem darüber hingetriebenen und die Reste der während der Senkung umgekommenen Thiere enthaltenden Detritus bedeckte Land manche Punkte existiren, von denen aus sich die Elephanten, Nashörner und andere gleichzeitige Thiere über das neue Land verbreiteten, wenn die geeigneten Verhältnisse eintraten. Man begreift leicht, dass diese Säugethiere den Flächenraum der Britischen Inseln, die abermals mit dem Festlande verbunden waren, wieder besucht haben können, so dass ihre Reste in Ablagerungen von Süsswasserseen und Flüssen gefunden werden, die über den Meeresablagerungen liegen, welche während des Verlaufs der Senkung gebildet wurden. Da es Beweise von Niveauschwankungen zwischen Meer und Land im westlichen Europa in den jüngeren geologischen Zeiten giebt, so hat man den Einfluss derselben

Digitized by Google

auf die Verbreitung der genannten Säugethiere wohl zu erwägen. Nehmen wir indessen nur eine Senkung an, welche hinreichend war, die Britischen Inseln von dem Continente zu trennen, und auf welche eine Hebung folgte, die die Verbindung wieder herstellte, so lässt sich daraus schliessen, dass Ablagerungen von Süsswasserseen und Flüssen die höchsten sind, in welchen wir die Reste des *Elephas primigenius* und der mit ihm gleichzeitigen Säugethiere erwarten können, welche zum Theil erloschen sind, zum Theil noch jetzt existiren.

Unter allen Veränderungen, die aus der Senkung und Hebung des Landes und benachbarten Seebodens hervorgehen, müssen die Reste von Thieren, die in Höhlen gelebt haben, in welche sie ihre Beute schleppten, oder die auf die früher erwähnte Weise in Spalten fielen, am leichtesten vor einer neuen Lagerung durch Wellen, Fluth oder Meeresströmungen geschützt sein. Obgleich die in Höhlen gefundenen Knochen von erloschenen Bären und anderen Thieren schon früh die Aufmerksamkeit erregt hatten, so verlieh doch die Entdeckung von Säugethierresten in einer Höhle bei Kirkdale in Yorkshire im Jahre 1821 und die Beschreibung des Vorkommens derselben und der Beschaffenheit der Höhle selbst von Dr. Buckland, der die Stelle nur einige Monate nach der Entdeckung besuchte, diesen Knochenhöhlen ein neues Interesse. Diese Höhle wurde, wie viele andere, durch Arbeiten in einem Steinbruche entdeckt. Ihre grösste Länge war 245 Fuss und ihre Höhe durchschnittlich so wenig beträchtlich, dass nur an zwei oder drei Stellen ein Mann aufrecht stehen konnte. Die folgende Figur ist ein von

Fig. 108.

Buckland mitgetheilter Durchschnitt, *aaaa* sind horizontale Schichten von Kalkstein, in welchem sich die Höhle befindet; *b* sind Stalagmiten, die einige von den Knochen inkrustiren und gebildet waren, ehe der Schlamm eingeführt wurde; *c* ist die Schlammschicht, welche die Knochen enthält; *d* sind Stalagmiten, die seit der Einführung des Schlammes gebildet wurden und sich über seine Oberfläche verbreiten; *e* sind isolirte Stalagmiten auf dem Schlamm; *ff* sind Stalaktiten, die von dem Dache herabhängen. „Die Oberfläche des Sediments war bei der ersten Eröffnung der Höhle beinahe glatt und eben, ausgenommen in den Theilen, wo seine Regelmässigkeit durch den Absatz von Stalagmiten unterbrochen oder durch das Herabtropfen von Wasser ungleich war; seine Substanz war ein thoniger und etwas glimmerhaltiger Lehm, der aus so kleinen Theilchen bestand, dass sie leicht ein schlammiges Wasser bildeten, und der mit vieler Kalkmasse gemischt war, welche theilweise durch das Herabtröpfeln von dem Dach und zum Theil von zerkleinerten Knochen gebildet war“ *). Man fand über den Boden der Höhle

*) Buckland, *Reliquiae Diluvianae* 1823.

Digitized by Google

zerstreut bei der Entfernung des Schlammes die Reste von Hyänen, Tigern, Bären, Wölfen, Füchsen, Wieseln, Elephanten, Nashörnern, Flusspferden, Pferden, Ochsen, drei Hirscharten und einigen anderen Thieren. Das Verhältniss der Hyänenzähne im Vergleich zu denen von anderen Thieren war so gross, und die Knochen anderer Thiere so zerbrochen und benagt, dass Buckland annahm, die Kirkdale-Höhle sei während einer Reihe von Jahren von den erloschenen Hyänen bewohnt worden, dieselben hätten die Thiere als Raub in dieselbe geschleppt, deren Knochen und Zähne jetzt mit ihren eigenen gemischt sind, und diese Verhältnisse seien plötzlich durch den Einbruch von schlammigem Wasser in die Höhle verändert worden, welches alle Thierreste und dabei auch die Hyänenexcremente einhüllte, welche in der Kirkdale-Höhle vorkommen, gerade wie dies in heutigen Hyänenhöhlen der Fall ist. Viele Knochen waren auch glatt gerieben und auf einer Seite polirt, woraus Buckland folgerte, dass eine Seite dem Tritte und der Reibung durch die Hyänen ausgesetzt war.

Es war also zuerst ein Loch oder eine Höhle da, die über die gewöhnlichen sedimentären Ablagerungen erhoben war und mit der Atmosphäre communicirte, als der Stalagmit *b* gebildet wurde; dann fand eine Veränderung statt, wodurch Wasser, welches feinen Mineraldetritus enthielt, eingeführt wurde, und der letztere sich aus dem Wasser absetzte, welches die ganze Höhle vollständig erfüllt haben kann, und drittens kam eine Zeit, in der die Höhle ausser dem Bereich des Wassers war und wieder mit der Atmosphäre communicirte, so dass Stalagmiten auf den ebenen Schlammboden sich absetzten. Die von dem Dach herabhängenden Stalagmiten können zum Theil während beider Perioden gebildet worden sein, als die Höhle mit der Atmosphäre communicirte. Stalaktiten konnten nicht gebildet werden, als die Höhle mit Wasser erfüllt war, indem der gelöste doppeltkohlensaure Kalk sich auf die gewöhnliche Weise mit dem Wasser mischen musste. Selbst wenn sich Absätze aus einer solchen Lösung bildeten, nahmen sie schwerlich die Formen von hängenden Stalaktiten an, wie sie eine Anhäufung von Theilchen von kohlensaurem Kalk charakterisiren, der durch den Verlust von Kohlensäure und die Verdunstung des Wassers in die Luft gebildet wird.

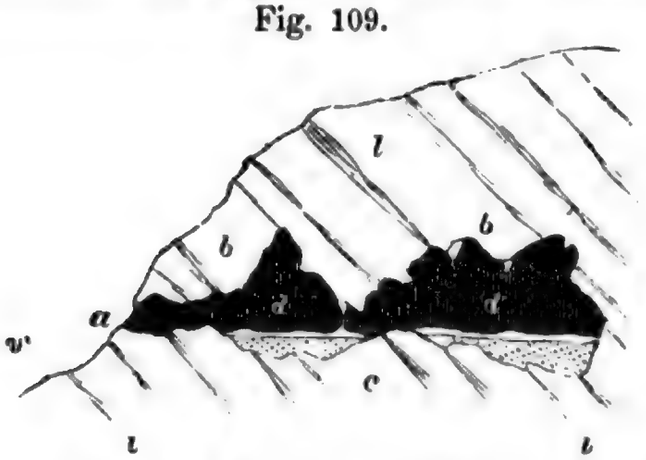
Was die Einführung von feinem Sediment in Höhlen während einer Senkung eines früher trockenen Landes unter das Wasser betrifft, wobei der Schlamm nicht die harten Theile von Meeresthieren enthielt, so hängt nothwendig viel von den Umständen ab, unter welchen die Eingänge oder Spalten, die mit der alten Oberfläche des trockenen Landes communiciren, gestellt sind. Sollten die Eingänge durch Strandbildungen oder über dieselben hin getriebenes Gerölle abgesperrt werden, unabhängig von einem Abschluss durch gefallene Fragmente vor der Versenkung, so musste bei der Senkung des Landes und der Veränderung

Digitized by Google

der Küstenverhältnisse, bei dem allmäligen Höherrücken der Ufer der feine Schlamm vom Wasser durch die Gerölle und den Schutt hindurch geführt werden. War dieses schlammige Wasser einmal in der Höhle, entweder aus dieser Quelle oder indem es durch andere Spalten und Klüfte eintrat, so setzte sich der gebildete Schlamm über dem Boden ab, und hüllte Alles innerhalb seines Bereichs in eine Masse von feinem Sediment ein. In keinem Fall konnten die Keime von Meeresthieren, welche harte Theile absondern und mit dem Wasser eintreten, an solchen Orten leicht zur Entwickelung gelangen.

Da zu den Knochenhöhlen nur solche gehören, die, durch die Umstände begünstigt, Säugethieren zum Aufenthalt dienten oder in welche ihre Reste gefallen sind oder getrieben wurden, so lassen sich alle möglichen Windungen und Unregelmässigkeiten bei solchen Höhlen erwarten, sowohl was ihre horizontale wie vertikale Ausdehnung angeht. Man findet sie verschiedentlich an verschiedenen Localitäten gefüllt, so dass es schwer wird, eine bestimmte Anordnung der Theile anzugeben, die allen gemeinsam ist. Zu gleicher Zeit mag der folgende Längendurchschnitt eine allgemeine Ansicht von vielen solcher Höhlen geben. *l l l*

Fig. 109.



stellt einen Durchschnitt eines Kalksteinhügels dar, indem diese Höhlen wie überhaupt die Höhlen in Kalksteinfelsen am gewöhnlichsten sind, in welchen sich eine Höhle *b b* befindet, die mit einem Thale *v* durch einen Eingang *a* communicirt. Ein Boden von Stalagmiten *d d* bedeckt Knochen und feines Sediment, welche in den Höhlungen *c c* angehäuft wurden. Eine Stalaktiten- und Stalagmitensäule befindet sich zwischen den zwei Hauptkammern der Höhle, die den Weg von der einen in die andere versperrt haben kann oder nicht. Wenn irgend welche Umstände eine Bedeckung des Einganges *a* entfernt haben, oder wenn der letztere selbst beständig offen und wohlbekannt ist, so kann leicht ein mit Knochenhöhlen nicht vertrauter Beobachter eine solche Höhle betreten und nichts weiter als die Kammern bemerken, wo die Stalaktiten von der Decke herabhängen oder die Wände bedecken, und der Boden theils aus Gestein, theils aus Stalagmit gebildet ist, und kann selbst, wenn der Weg zwischen den Kammern durch Stalaktiten und Stalagmiten geschlossen ist, aus der äusseren Höhle zurückkehren, ohne die zweite Kammer zu bemerken.

Es ist von selbst klar, dass grosse Aufmerksamkeit auf die Art und Weise gerichtet werden muss, auf welche die Knochen angehäuft wur-

Digitized by Google

den, und ob sie sich in einem unverletzten, zerbrochenen, angenagten oder anderen Zustande befinden, da sie ja entweder hauptsächlich von Raubthieren gesammelt oder durch Oeffnungen von oben hineingefallen oder in sie eingeschwemmt sind, oder auch Knochen von Säugethieren sein können, welche sich in die Höhlen verkrochen und dort starben. Man muss sehr genaue und vollständige Durchschnitte der Knochenablagerungen machen, und diese dürfen nicht auf einen Theil der Höhle beschränkt werden, denn im Laufe der Zeit kann eine offene Höhle mehrmals bewohnt oder mit Knochen überstreut worden sein. Wenn ein Beobachter den Beweis sucht, dass Knochenhöhlen von Raubthieren bewohnt wurden, so sind nicht nur die Spuren ihrer Zähne an nicht verzehrten Knochen von Wichtigkeit, sondern auch die Art des Vorkommens ihrer Excremente, die Reibung und Glättung der Seitenwände, besonders in den engeren Gängen.

Was die stalaktitischen und stalagmitischen Ueberrindungen angeht, so können sie in allen Zeiten stattgefunden haben, in denen eine Höhle über dem Meere oder über dem Wasserzug der Zeit war, so dass die Atmosphäre eintrat und doppeltkohlensaurer Kalk in Lösung durch das Gestein in die Höhle einsickerte. So konnten Knochen, wie in der Kirkdale-Höhle, in diese Kalkmasse eingehüllt werden, sowohl vor der Einführung von feinem Sediment vermittelst Wasser, wie nachher. Die Ablagerung von Stalagmiten auf einem ebenen Boden des die Knochen einhüllenden Sedimentes zeigt eine Veränderung der Verhältnisse von einem Zustande der Dinge, bei welchem sich auf den Boden der Höhle keine Stalagmiten anhäufen konnten, bis zu einem solchen, wo dieses möglich war.

Da die Reste von noch existirenden Säugethieren, wie Hirsch, Reh, Dachs, Iltis, Wiesel, Wolf, Fuchs, Hase, Kaninchen, in Höhlen mit denen von solchen entdeckt worden sind, welche erloschen sind, und da die Reste von Menschen in ähnlichen Höhlen entdeckt wurden, so muss man genau die Umstände studiren, unter denen alle diese Reste vorkommen; so dass, während man auf der einen Seite die Beweise beachtet, welche dergestalt für die gleichzeitige Existenz jetzt zum Theil erloschener und zum Theil lebender Säugethiere sprechen*), und ebenso

---

*) Owen giebt in seiner „*History of the British Fossil Mammals*“ folgende Liste von Thieren, deren Reste in den Höhlen der Britischen Inseln gefunden worden sind: *Vespertilio noctula*, *Rhinolophus ferrum-equinum*, *Ursus priscus* und *spelaeus*, *Meles taxus*, *Putorius vulgaris* und *ermineus*, *Lutra vulgaris*, *Canis lupus* und *vulpes*, *Hyaena spelaea*, *Felis spelaea* und *catus*; *Machairodus latideus*, *Mus musculus*, *Arvicola amphibia*, *agrestis* und *pratensis*, *Lepus timidus* und *cuniculus*, *Lagomys spelaeus*, *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Equus fossilis* (*caballus?*) und *plicidens*, *Asinus fossilis*, *Hippopotamus major*, *Sus Scrofa*, *Megaceros*

Digitized by Google

die Reste des Menschen mit denselben Arten von Thieren berücksichtigt, so muss man auch die Zufälle gehörig erwägen, welche solche offenbar gleichzeitige Mischungen zusammengebracht haben. Wenn Buckland nicht die nöthige Vorsicht gebraucht hätte, so hätten Menschenreste aus der Paviland-Höhle in Glamorganshire zum Beweise dienen können, dass der Mensch mit dem *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus* und der *Hyaena spelaea* gleichzeitig gelebt haben. Aber in diesem Falle war die Höhle offenbar als ein Begräbnissort von den früheren Einwohnern dieses Theils von Wales gebraucht und der die Reste von erloschenen Thieren enthaltende Boden entfernt worden.

In manchen Fällen von gemischten Resten erloschener und lebender Arten von Säugethieren kann unabhängig von der Beschaffenheit und der Art des Vorkommens der Reste selbst die wahrscheinliche Lebensweise der Thiere grosse Hülfe gewähren. Auf diese Weise hat man geschlossen, dass gewisse Höhlen Zufluchtsorte von Bären und Hyänen gewesen sind, indem in dem letzteren Fall sehr charakteristische Excremente den langen Aufenthalt dieser knochenverzehrenden Thiere und ein ruhiges Begraben solcher Körper mit gewöhnlichen Knochenresten anzeigen. Eine Thierart, wie der Höhlenbär, kann eine Höhle zu einer Zeit bewohnt haben, während Hyänen in einer anderen Zeit in derselben lebten, und beiden kann der Höhlentiger und sein gleichzeitiger grosser Zeitgenosse aus dem Katzengeschlecht, der *Machairodus*, vorhergegangen oder nachgefolgt sein. Während der Besitznahme der geräumigeren Theile der Höhle von solchen grossen Säugethieren, konnten kleine Säugethiere in den kleineren Höhlen und Spalten leben und sich bisweilen von den Resten der von den grösseren Fleischfressern hereingebrachten Beute nähren, und bisweilen den letzteren selbst zum Opfer fallen. In manchen Höhlen mögen oft Fledermäuse in den höheren Theilen der Kammern sich in Sicherheit vor den Bären, Hyänen oder katzenartigen Thieren in Klumpen angehängt und ihre Reste mit den Knochen von anderen Thieren darunter sich von Zeit zu Zeit vermengt haben. Was andere Säugethiere angeht, deren Reste in Knochenhöhlen entdeckt worden sind, so ist es gewiss, dass nicht nur ihre Grösse sie verhinderte, durch die einzigen sichtbaren oder vermutheten Communicationen zwischen der freien Luft und den Kammern mancher Höhlen zu passiren, sondern dass auch ihre Lebensweise sie nicht nach solchen Zufluchtsorten geführt hat. Als Beute für fleischfressende, die Höhlen bewohnende Säugethiere, die durch verhältnissmässig kleine Oeffnungen stückweise hereingeschleppt worden, hat dieses keine Schwierigkeit, und es giebt in der That triftige Beweise dafür. Man hat bemerkt, dass die Zähne von erloschenen, in Höhlen

---

Hibernicus, *Strongyloceros spelaeus*, *Cervus elaphus*, *Tarandus*, *Capreolus*, und *Bucklandi*, *Bison priscus* und *minor* und *Bos primigenius*.

Digitized by Google

gefundenen Elephanten beweisen, dass hauptsächlich junge Thiere dieser Art in sie gebracht worden sind. Dies scheint indessen mit dem *Rhinoceros tichorhinus* nicht der Fall zu sein, indem Reste von ausgewachsenen Individuen dieser Art in manchen Fällen ziemlich häufig sind; auch mag wohl mancher grosse Elephant den grossen Fleischfressern zur Beute gefallen sein, namentlich denen aus dem Katzengeschlecht, indem seine Knochen und Zähne anderswo zurückblieben und er vielleicht zum grössten Theile an Ort und Stelle von den Hyänen verzehrt wurde.

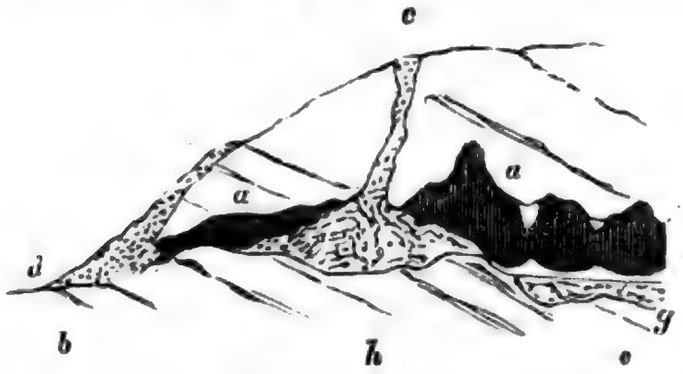
Es ist bekannt, dass Menschen in verschiedenen Zeiten in Höhlen gewohnt und sie als Grabstätten gebraucht haben, und der oben erwähnte Fall von einem weiblichen Menschenskelet in Paviland zeigt zur Genüge, dass auch Knochenhöhlen zu diesem Zwecke dienten. Wäre der Mensch ein gleichzeitiger Bewohner der Gegenden gewesen, in denen diese erloschenen Säugethiere ihrer Beute nachgingen, so könnte er ihnen so gut wie die anderen Geschöpfe zum Raube gefallen sein, besonders mit der geringen Bewaffnung, die er wohl in jener Zeit hatte. Während indessen diese erloschenen grossen Bären, Hyänen oder Katzen diese Höhlen bewohnten oder ihren Zufluchtsort in denselben hatten, konnte der Mensch nicht gleichzeitig mit ihnen solche Plätze bewohnen, so dass, wo Stücke von Geschirr entdeckt worden sind, die den Aufenthalt des Menschen in der Höhle zu beweisen scheinen, wir nur den Beweis haben, dass er dieselben in einer vielleicht nicht gut bestimmbaren Periode bewohnte, wenn nicht das Vorkommen des Geschirrs der Art ist, dass kein Zweifel über das Datum seiner Einführung sein kann. Grössere Schwierigkeiten würden Pfeilspitzen und Messer von Feuerstein oder anderen Steinen darbieten, wie man sie in der Kentshöhle und anderwärts entdeckt hat, wenn andere Beweise dem nicht entgegen ständen, da dieselben als Waffen beim Menschen gewesen sein können, als er als Beute fortgeschleppt wurde, und sich deshalb dieselben nach der Verzehrung des Fleisches mit der allgemeinen Knochenmasse in einer Höhle mischen mussten. Wenn, wie angegeben wird, Menschenknochen wirklich mit denen von erloschenen Fleischfressern und anderen in Knochenhöhlen gefundenen vermischt vorkommen, so ist das ein Gegenstand von grossem Interesse und verlangt wenigstens sehr sorgfältige und vorurtheilsfreie Untersuchung.

Andere Knochenhöhlen können grössere Schwierigkeiten darbieten, als die früher erwähnten, in welchen die sich nach aussen öffnenden Mündungen als mehr oder weniger seitlich angenommen wurden, und welche leicht den Säugethieren Eingänge und Ausgänge darboten, und wo keine grossen Spalten oder Klüfte mit der Oberfläche darüber communicirten. Eine Höhle der Art, wie sie in einem Längendurchschnitt Fig. 110 dargestellt ist, kann von einer gemischten Art gewesen sein, zum Theil zusammengesetzt aus einem Theile *c*, der sich nach oben

Digitized by Google

erhebt, wie man auch bei manchen nicht knochenführenden Höhlen sieht,

Fig. 110.



und zum Theil mit einer mehr horizontalen Ausdehnung *a a*. Wenn der aufrechte Spalt damals die Oberfläche nicht erreichte, so dass Thiere durch denselben in die Höhle darunter fallen konnten, und dies nur mit Fragmenten des Gesteins der Fall war, in welchem das Ganze lag (und man muss nicht vergessen, dass in zahlreichen Höhlen das Herabfallen von Gesteinen aus verschiedenen Theilen des Dachs und der Seiten zu allen Zeiten stattgefunden haben kann), so gehören die Knochenreste den Thieren an, die die Kammern betraten, darin lebten oder hineingeschleppt wurden, mit Einschluss von Vögeln und Fledermäusen, die ihren Weg durch aufrechte Spalten nach unten fanden, vorausgesetzt, dass die Höhle Raubthieren zum Aufenthalt gedient hat. Wenn die Spalte hinreichend weit war, so dass Thiere hindurch fallen konnten, wie Säugethiere jetzt bei ähnlichen Spalten thun, so konnte es zwei Arten geben, um die Reste derselben oder fast derselben Geschöpfe anzuhäufen, eine durch das Bewohnen der Höhle durch Raubthiere und andere, die mit ihnen an derselben Stelle leben konnten; die andere, indem Thiere durch die Spalte fielen, bisweilen Felsstücke mit sich herabbrachten, und so ganz oder zum Theil ihre Leichname unter solchen Fragmenten begruben.

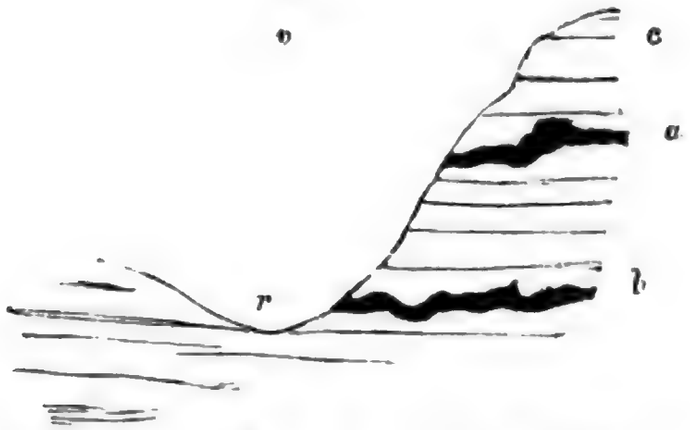
Nehmen wir eine Versenkung einer solchen Höhle an, so hängt in Bezug auf die Folgen viel von der Schnelligkeit oder Langsamkeit der Senkung ab. In dem letzten Falle und wo die Mündung der Höhle geschlossen war, entweder vor oder während der Senkung, konnten Gesteinsstücke, wie wir sie oft massenhaft in Folge atmosphärischer Einflüsse und des Herabrollens über Kalksteinhügel und Berggehänge zerstreut finden, leicht darüber hinfallen, die Erde, die gewöhnlich solche Fragmente an den Seiten des Berges verkittet, konnte durch die Bespülung des Meeres entfernt werden und vielleicht zum Theil daher rührendes Schlammwasser in die Höhle eintreten und die Knochen in dem Inneren *a q* mit feinem Sediment einhüllen. Da das Sediment sich je nach der Menge der eingeführten Masse erhob, so konnte es stattfinden, dass ein glatter Boden nicht über das Niveau *g* hinausging und Schlamm allein sich vollständig mit Gesteinsstücken oder Knochen in dem unteren Theil der Masse *h* mischte. Wenn die Senkung langsam

Digitized by Google

fortdauerte und die Spalte *c* noch offen war, so konnten Thiere wie früher hindurchfallen, bis endlich der ganze Hügel sich unter Wasser befand. Grosse Mannigfaltigkeit konnte in einem solchen Falle entstehen, besonders wenn der obere Theil einer Spalte niemals durch Detritus verschlossen war, oder wenn sie von Wasser gar nicht bedeckt worden war, so dass immer noch unvorsichtige oder von Raubthieren gejagte Thiere hineinfallen konnten, während einer Zeit, in der sich die Thierwelt eines Landes anders gestaltete. Senkrechte Spalten in Höhlen sind bisweilen so mit Gesteinstrümmern, Sand, Thon und Erde gefüllt, dass man grosse Vorsicht gebrauchen muss, wenn man den Schluss zieht, dass die Knochenreste in manchen Höhlen nur von seitlichen Oeffnungen herrühren. Das Studium mancher Höhlen, die jetzt nach der Oberfläche offen sind, zeigt uns, dass in Fällen von vollkommener Versenkung dieselben nicht nur von oben durch Gesteinsfragmente und Thierreste, die früher in sie gefallen sind, und mit eingewaschenem Schlamm, Sand, Gesteinsstücken und selbst Gerölle gefüllt worden sein können, sondern auch durch zu gleicher Zeit eingeflösste Leichen von Thieren.

Beim Untersuchen von Knochenhöhlen ist es nöthig, dass der Beobachter sehr sorgfältig die Beschaffenheit von fremdem, in sie eingeführtem Detritus untersucht, der entweder zwischen den Knochen und Stücken des Gesteins vorkommt, in welchem die Höhle gebildet ist und Lagen oder Schichten bildet, oder umhergestreut ist. Nehmen wir an, dass in einem Thale *v*, von dem die Fig. 111 ein Durchschnitt

Fig. 111.



ist, zwei Knochenhöhlen *a* und *b* an der Seite des Hügels *c* vorkommen, *r* ein Fluss ist, gross genug, besonders während Ueberschwemmungen, um Schlamm, Sand und Grus herabzubringen. Die untere Höhle *b* würde aus dieser Ursache Ablagerungen ausgesetzt sein, die dort vorkommende Knochen von Säugethieren einhüllten, wobei Fluthen von Zeit zu Zeit die in ihnen befindlichen Thiere überraschten und tödteten. Dies würde mit der ausser dem Bereich solcher Flussablagerungen befindlichen höheren Höhle nicht der Fall sein. War die Oberfläche des Landes vor ihrer Versenkung unter Wasser etwa so wie wir sie jetzt finden, so

Digitized by Google

kann in beide Höhlen Detritus eingeführt worden sein, welche weitere Zugaben auch der unteren Höhle *b* durch Knochen oder Schutt von der Thätigkeit des Flusses *r* gemacht worden sein mögen. Da Gerölle von mässiger Grösse mehr beweisen, als feineres Sediment, so ist es immer wichtig, alle in Knochenhöhlen gefundenen zu sammeln und sehr sorgfältig zu untersuchen, da aus ihnen Schlüsse gezogen werden können in Bezug auf die Richtung, aus welcher sie fliessendes Wasser hergebracht hat, entweder von ihrem Muttergestein, oder von irgend einer Geröll- oder Schuttablagerung, in welcher sie eine Zeitlang stationär gewesen sein mögen.

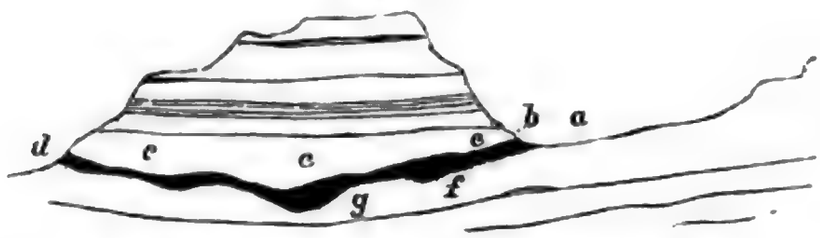
Mit Recht ist ein grosses Gewicht auf die Anhäufung von Knochen mit Schlamm, Sand, Grus und Gesteinsschutt in den unterirdischen und labyrinthischen Canälen gelegt worden, durch welche so oft in Kalksteindistricten Ströme und Flüsse gehen. In diese werden oft durch Ueberschwemmungen überraschte Thiere geführt, und kommen nur selten wieder aus ihnen hervor, indem die Gänge gewöhnlich so complicirt sind, dass selbst bei dem Vorhandensein eines hinreichenden Raumes für die Leichname die Windungen und vertikalen Anordnungen des Canals der Art sind, dass die Knochenreste der Thiere in diesen Höhlengängen bleiben und sich anhäufen, was auch aus dem Fleisch werden mag, ob es gefressen oder zersetzt wird. In einigen tropischen und Kalksteinländern, wie z. B. in Jamaica, kann man oft die Wirkungen einer plötzlichen Fluth beobachten, wie sie eine Masse von trübem Wasser und gelegentlich verschiedene Geschöpfe in grosse Löcher fortwälzt. In gemässigten Klimaten überrascht eine plötzliche Fluth bisweilen grosse Thiere in Niederungen nahe dem Eingang in die Höhlengänge, und von der Geräumigkeit des Canals und der Grösse des Eingangs in dieselben hängt das leichte Verschwinden der in dieser Weise fortgeschwemmten Thiere ab. Bisweilen ist die Wassermasse so gross, dass sie nicht leicht verschlungen wird und in der Nähe des Eingangs herumwirbelt, dann unter dem Niveau des aufgestauten Wassers bis die Ueberschwemmung etwas nachlässt und die Thierleichen in die Höhlen kommen und dort sich verlieren.

Selbst unter den etwas einfachen Verhältnissen solcher cavernösen Canäle, wie in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 112, s. f. S., ist es klar, dass nicht nur Schutt und Flussmollusken, sondern auch Landsäugethiere in eine Höhle *b c d* eingeführt werden können und das in mechanischer Suspension getragene feinere Sediment allein wieder heraustritt, vorausgesetzt, dass der Canal hinreichend kurz ist und das Wasser überall in gehöriger Bewegung erhalten wird. Unter gewöhnlichen Umständen wird ein grosses Stück der verlängerten Höhle unter dem Niveau sein, in welchem das Wasser bei *d* hervortritt, so dass das schwerere Sediment sich auf dem Boden der Unebenheiten wie bei *f* und *g* setzt. Die Leichen von Thieren könnten kaum durch einen

Digitized by Google

selbst verhältnissmässig so grossen Gang gedrängt werden, als der oben dargestellte, indem die allgemeine Gestalt des Canals und besonders

Fig. 112.



die herabhängenden Theile des Dachs *ccc* ihrem Wege nach *d* Hindernisse entgegensetzen. Häufen sich die Hindernisse für den Durchgang des Wassers allmälig an, wobei das Herabfallen von vielen Stücken von dem Dach von Wichtigkeit ist, so kann ein Ausweg dieser Art selbst vollkommen verstopft werden. Findet eine Senkung des Landes statt, so kann ein solcher Canal auch vollständig mit Detritus erfüllt werden, so dass bei einer späteren Erhebung der Wasserzug, der früher durch den jetzt verstopften Canal *bd* statthatte, anderswohin geht, und der frühere Ausgang *d* den Eingang in eine Knochenhöhle an der unteren Seite eines Hügels bilden konnte.

Viele Höhlen führen das Wasser heraus, welches zwischen den Gesteinen angesammelt wurde, von denen sie einen Theil bilden, besonders in Kalksteindistricten, und bilden nicht einen zusammenhängenden unterirdischen Canal für einen Fluss, der in einem höheren Niveau eintritt. Diese Ströme verstopfen bisweilen Theile der Höhle, so dass sie während eines Steigens des Wassers nicht passirt werden können, obgleich sie zwischen Kammern communiciren, die immer noch über dem Niveau dieses Wassers sind. Solche unterirdische Ströme transportiren bisweilen Sediment, und lassen es an Orten zurück, von denen es nicht leicht wieder fortgeführt wird, und wo es die Knochenreste von Thieren, menschliche Kunstproducte und selbst Menschenknochen bedecken kann. Dies scheint mit den Menschenresten der Fall gewesen zu sein, die Buckland in einer Seitenkammer der Wokey-Höhle in den Mendiphügeln entdeckte. Menschenzähne und Knochenhöhlen waren „in röthlichem Schlamm und Thon zerstreut und viele von ihnen durch Stalagmiten in eine feste Knochenbreccie vereinigt“*). Unter den losen Knochen fand er ein kleines Stück einer rohen Graburne. Der Schlamm und Thon kamen offenbar von dem benachbarten unterirdischen Fluss, der bei seinem Ueberfliessen diese Kammer erreichte.

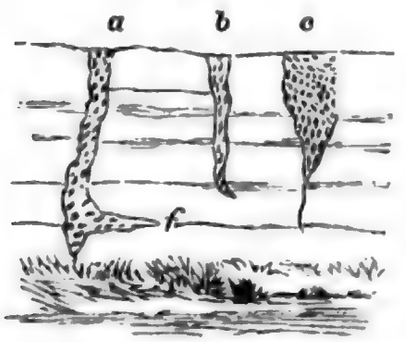
Knochenhöhlen sind bisweilen gänzlich frei von Stalagmiten auf dem Boden oder an anderen Orten. Die in der Banwell-Höhle auf den Mendip-Hügeln gefundene Knochenmasse bestand aus nichts Anderem, als Stücken des Kalksteins, in welchem die Höhle vorkommt, mit den

*) *Reliquiae Diluvianae* p. 165.

Digitized by Google

Knochen des Höhlenbärs und anderer erloschenen Säugethiere gemischt. Aehnliche Höhlen sind auch anderwärts gefunden worden, und die Knochen und Felsstücke brauchen nur eine cementirende Substanz, wie kohlensauren Kalk, verhärteten Thon oder sonstige Mineralstoffe, um die unter dem Namen von Knochenbreccien bekannten Anhäufungen zu bilden. Da Höhlen, welche Raubthieren zum Aufenthalt gedient haben mögen, bisweilen Klüfte und Spalten darbieten, die in dieser Weise gefüllt sind, so muss man sich vergewissern, wenn sie durch Steinbrüche offen gelegt sind, ob es bloss Klüfte oder Spalten sind, wie hier dargestellt, Fig. 113, die vielleicht niemals einen Theil einer eigentlichen Höhle gebildet haben, oder ob es wirklich Theile einer Knochenhöhle sind, die bei weiteren Untersuchungen offen gelegt werden kann.

Fig. 113.



In diesem Durchschnitt stellen *abc* Spalten dar, die mit Knochenbreccien erfüllt sind, und von welchen eine durch eine Verzweigung bei *f* einen horizontalen Charakter erhält. In Kalksteindistricten sind Spalten mit Knochenbreccien am häufigsten. Dabei findet sich oft, aber nicht immer, ein röthliches und kalkiges Cement, und die Härte und Festigkeit der ganzen Ablagerung ist sehr wechselnd. Die rothe Farbe und Substanz rührt häufig von der Zersetzung von Kalksteinen oder von dem Niederschlag von Eisenoxyd aus kohlensaurem Eisenoxydul in Quellen durch den Kalk her. Der kohlensaure Kalk wird ganz oder zum Theil durch Lösung entfernt, die übrig bleibenden Theile des Kalksteins mit Thon, Kieselerde oder anderen Substanzen werden durch Eisen gefärbt, wie man oft in Kalksteingebirgen sehen kann. Sind diese Spalten deutlich nicht mit Höhlen verbunden, so sind sie durch das Hereinfallen von Thieren gefüllt worden.

Knochenbreccien finden sich in verschiedenen Ländern; ihre Bestandtheile wechseln und deuten auf Unterschiede in der Zeit, in welcher sie abgelagert wurden, obgleich sie immer in verhältnissmässig jugendlichen geologischen Epochen gebildet wurden. Es musste dies um so mehr mit solchen Knochenablagerungen in Höhlen oder Spalten der Fall sein, als wir Beweise haben, dass jetzt in verschiedenen Theilen der Welt die Knochen von Thieren auf diese Weise gesammelt werden. Wir haben hier der Knochenhöhlen und Knochenbreccien in Bezug auf ihre mögliche oder wahrscheinliche Verbindung mit der angenommenen Periode einer Kältezunahme in einer bestimmten Zeit in der nördlichen Hemisphäre Erwähnung gethan. Nach der Hypothese, dass diese Kältezunahme von einer Senkung eines grossen Theils von Europa begleitet war, welche den oben erwähnten Flächenraum afficirte, und dass eine solche Senkung eine allmälige war, vielleicht von Oscil-

Digitized by Google

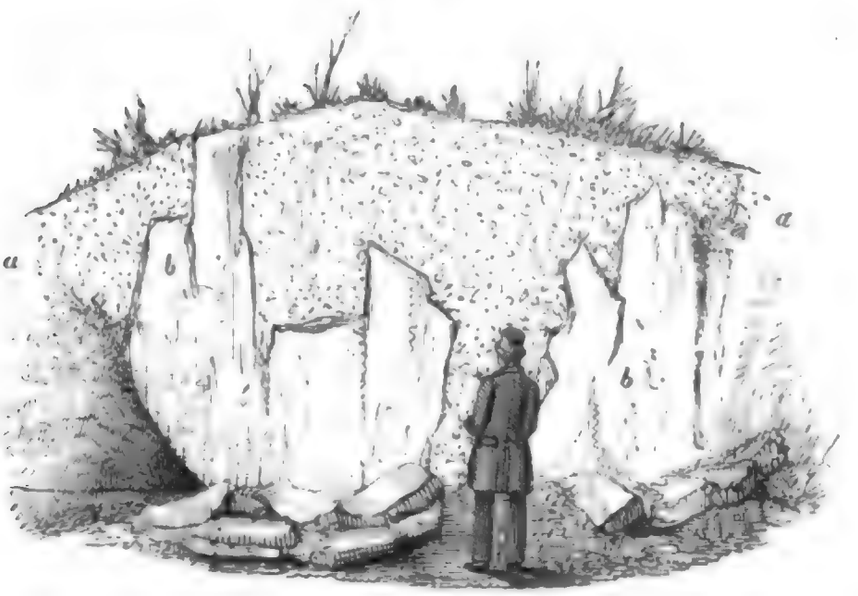
lationen begleitet, die in verschiedenen Theilen dieses Flächenraumes ungleich waren, und dass darauf die Erhebung desselben Flächenraumes statthatte, vielleicht ebenfalls mit Oscillationen und mit sehr beträchtlichen Modificationen der Oberfläche, so giebt es Verhältnisse genug für eine bedeutende Bewegung der Landthiere in diesem Theile der nördlichen Hemisphäre. Bisweilen wurden sie isolirt und vernichtet, als durch eine anhaltende Senkung das Meer über ihre Wohnplätze trat; in anderen Fällen zogen sie sich nach Gegenden zurück, wo sie eine Zeitlang sich festsetzen und vermehren konnten, wobei einige Arten sich besser erhielten als andere. Bei einer Erhebung des Meeresbodens und der Bildung von neuen Ländern konnten Wanderungen stattfinden nach dem relativen Niveau dieser Länder in Bezug zum Meere und je nachdem sich für die Bewegung gewisser Thiere bisweilen in einer Richtung günstigere Wege als in einer anderen darboten. Beweise der Anhäufung der Knochentheile von Elephanten, Nashörnern und anderen Thieren von mehreren Arten, deren Reste in Ablagerungen unter denen vorkommen, welche in der kalten oder Eiszeit gebildet wurden, hat man auch über ihnen entdeckt, zusammen mit den Resten von einigen Säugethieren, die früher nicht den Flächenraum der Britischen Inseln und die benachbarten Theile des europäischen Continents bewohnten. Dieser Gegenstand bietet ein fruchtbares Feld für die Arbeiten des Geognosten. Viel ist bereits geschehen, viel bleibt aber noch zu thun, und man muss sehr sorgfältig untersuchen, ob in neugebildeten Seen und Flussbetten, als der Boden im Allgemeinen die jetzige Configuration annahm, nicht bisweilen eine neue Ablagerung von Knochen, die aus älteren Schichten mit den Resten des *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus* und ihren Zeitgenossen ausgewaschen und in neue Süsswasser- und Flussablagerungen geführt worden, stattgefunden, so dass bisweilen die Knochenreste der Arten einer Zeit sich mit denen aus einer anderen mischten.

Was Knochenhöhlen angeht, so mögen manche, die an ihrer Mündung während einer Zeit der Versenkung geschlossen waren, durch die spätere Entfernung des damals angesammelten Schuttes wieder geöffnet worden sein, so dass Thiere der späteren Zeit und der erforderlichen Lebensweise abermals in denselben lebten und ihre Beute hineinschleppten, während andere Höhlen zum ersten Male durch die Entfernung von Gesteinsmassen oder gewöhnlichen Schutts vermittelst der gewöhnlichen Meeresdenudation während einer Zeit der Senkung und späteren Hebung des Landes geöffnet wurden, so dass Thiere sie betreten oder hineinfallen konnten. Manche Unebenheit ist durch Grus zugedeckt, der frühere Ungleichheiten verbirgt, innerhalb deren Höhlen und Spalten sind, welche nach den Umständen Knochen führen oder nicht. Die folgende Fig. 114 ist ein Durchschnitt von einem Steinbruch, wo der Kalkstein *b b*, welcher ein sehr unregelmässiges Profil hat, von dem

Digitized by Google

Grus *a a* bedeckt ist, der die Oberfläche ausgleicht. Der Steinbruch

Fig. 114.



liegt in Waddon Barton, nahe bei Chudleigh in Devonshire, der Kalkstein gehört zum mittleren Uebergangsgebirge (devonisch), und in demselben finden sich viele Höhlen und Spalten, welche theils Knochen führen, theils nicht. Unter so mannigfaltigen Modificationen der Oberfläche, wie sie auf eine Versenkung unter oder auf eine Erhebung über ein Meer folgen mussten, welches zu einer Zeit vielleicht den Flächenraum der Britischen Inseln und der benachbarten Theile des Continents, der jetzt durch eine nicht mehr als 600 Fuss unter der Oberfläche des Atlantischen Oceans befindliche Zone bezeichnet ist (siehe Fig. 65 und 102), und zu einer anderen Zeit vorhandene Hochlande bei ungefähr 1000 oder 1300 Fuss über diesem Niveau schnitt und endlich die jetzige Vertheilung von Land und Wasser im westlichen Europa hervorrief, mussten Höhlen und Spalten unter mancherlei Verhältnisse kommen. Sie konnten nicht nur zu einer Zeit verschlossen, zu einer anderen offen, oder niemals vollkommen geschlossen oder früher offen gelegt sein, wie oben bemerkt, sondern sie konnten auch in einer solchen Weise mit den benachbarten Felsen rückwärts abgetragen werden, dass sie zwar die Knochenreste früherer Zeiten enthalten, aber jetzt offenbar untauglich oder wenigstens sehr unbequem für einen Zufluchtsort oder eine Höhle von Raubthieren, oder für eine Falle für dieselben oder für die Thiere, von welchen sie lebten, gelegen sind.

In Bezug auf die Wanderung der grossen Säugethiere der nördlichen Hemisphäre unmittelbar vor, während und nach der Zeit, in welcher die Kälte so gewesen ist, wie wir oben angenommen haben, und in welcher vermittelst Eis grosse Felsmassen und anderer Schutt transportirt und auf dem Meeresgrund abgesetzt wurde und dessen erhobene Theile jetzt einen grossen Theil des festen Landes des nördlichen Europas, Asiens und Amerikas ausmachen, ist es interessant, die Art des

Digitized by Google

Vorkommens der Reste des *Mastodon* zu betrachten, eines grossen, rüsseltragenden Säugethiers, welches sich in Grösse und Gestalt sehr dem Elephanten nähert. Die in England gefundenen Reste sind nicht zahlreich gewesen, und man hat sie bis jetzt nur aus den Ablagerungen in Norfolk erhalten, die in England vor denen gebildet waren, in welchen die Reste des *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus* und anderer Säugethiere dieser Art gefunden werden. So weit negative Beweise gehen, war das *Mastodon angustidens*, die Art, welche die Britischen Inseln und Theile von Europa bewohnte, in England wenigstens verschwunden, als das Mammuth erschien. Wohin auch dieser Elephant sich während der angenommenen grösseren Kälte in den höheren Breiten der nördlichen Hemisphäre zurückgezogen haben mag, so kam er in seiner späteren Wanderung nach Nordamerika und bewohnte dieselben Districte mit einem riesenhaften Mastodon (*Mastodon giganteus*), wenn der Schluss richtig ist, dass die Ausstreuung erratischer Blöcke und des damit verbundenen Detritus gleichzeitig mit denen des nördlichen Europas war. Jedenfalls scheint die Oberfläche, auf der diese Säugethiere lebten, diejenige gewesen zu sein, welche aus der Bildung solcher Ablagerungen in Nordamerika hervorging, indem beide Thiere zuweilen in morastigem Boden verloren gingen, wie es jetzt mit vielen Thieren stattfindet, und dort umkamen, wobei ihre Knochen, nach der Verwesung des Fleisches, bis zu einem gewissen Grade ihre ursprüngliche Lage behielten. Wenn später gefunden würde, dass die Reste des Mammuths nicht in den unteren Ablagerungen des nördlichen Amerikas vorkommen, dass der nordamerikanische Elephant gewiss identisch mit dem *Elephas primigenius* ist, und dass die erratischen Blöcke und der damit vorkommende Drift beider Gegenden wirklich gleichzeitig ist, so beweist dies eine merkwürdige Wanderung des Mammuth von Westen nach Osten nach einem Zwischenraume von vermehrter Kälte in den nördlichen Regionen, und einer Versenkung derselben unter das Meer. Im Osten wurden die Mammuthe mit einer Art eines grossen Rüsselträgers vergesellschaftet, welche als Gattung vom westlichen Europa vor ihrer Existenz daselbst verschwunden war, welche aber noch auf dem Continente von Amerika fortdauerte. Die Reste des Mastodon finden sich in den oberflächlichen Ablagerungen dieses Continents bis zum 66° Nordbreite, und sie kommen deshalb innerhalb der Klimate vor, die offenbar für das Mammuth nicht ungünstig waren, obgleich, wie Owen bemerkt, „die Metropole des *Mastodon giganteus* in den Vereinigten Staaten, wie die des *Mastodon angustidens* in Europa in einer gemässigteren Zone liegt, und wir keinen Beweis haben, dass eine Species wie das Mammuth besonders geeignet war, der Strenge eines arctischen Winters zu trotzen“ *).

*) *History of British Fossil Mammals*, p. 297.

Digitized by Google

Es ist leicht einzusehen, dass zu Untersuchungen dieser Art eine grosse Sorgfalt gehört, und dass beim Aufsuchen der Wege, auf denen solche Thiere gewandert sind, und der Localitäten, von denen sie sich nach ihrem Rückzug zum Theil wieder verbreitet haben können, Districte, welche während einer solchen geologischen Zeit nicht vom Meere bedeckt waren, von grosser Wichtigkeit sind. Aus diesem Grunde ist auch neben anderen die Gegend erloschener Vulkane in Centralfrankreich wichtig, da dieselbe während einer Zeit festes Land gebildet zu haben scheint, in welcher mehrere Thiere, die einst auf ihrer Oberfläche lebten, und unter diesen das Mammuth und das *Rhinoceros tichorhinus* erloschen. Unter vielen Beobachtungen von Resten von Thieren, die an Orten gefunden wurden, durch welche sie ein geologisches Datum erhalten, mag die von Pomel erwähnt werden, der eine Knochenspalte bei Orbières, südlich von Clermont, beschreibt, und zwar in einem Lavastrom, welcher aus dem Gravenoire gekommen war. Sie war mit vulkanischem Sand, pulverförmigem kohlensaurem Kalk und Knochen erfüllt, welche identisch mit denen von Coudes und anderen gleichzeitigen Ablagerungen waren, und unter denen sich die Reste vom Elephanten, *Rhinoceros tichorhinus*, Pferd, Ochsen u. s. w. befanden. Auch Landmuscheln von jetzt in der Gegend existirenden Arten werden von Pomel erwähnt, die mit diesen Knochenablagerungen vorkamen, so dass auch in dieser Gegend, wie in anderen von Europa und Nordamerika, grosse Säugethiere erloschen, während Land- und Süsswassermollusken, die mit ihnen lebten, bis zu der heutigen Zeit existirten.

Vulkane und ihre Producte.

In verschiedenen Theilen der Erdoberfläche, in hohen südlichen, wie nördlichen Breiten, in gemässigten und tropischen Gegenden, an Stellen im Meere, die weit von grösseren Festlandmassen entfernt sind, und auf den letzteren selbst, finden sich freie Communicationen zwischen dem Inneren unsers Planeten und seiner Oberfläche, durch welche geschmolzene Gesteinsmassen, Rapillen und vulkanische Aschen ausgeworfen werden. Dass grosse Wärme, wenn nicht die erste, doch eine hauptsächliche secundäre Ursache ist, durch welche diese Mineralsubstanzen emporgehoben werden, geht aus der hohen Temperatur der ausgeworfenen Massen hervor. Das geschmolzene Gestein fliesst als eine zähe Masse aus und bewahrt seine hohe Temperatur während einer langen Reihe von Jahren, und Mineralsubstanzen werden flüssig, die, wie wir aus unseren Laboratorien und Hochöfen wissen, nur durch grosse Hitze in jenen Zustand kommen. Zu gleicher Zeit mit diesen Mineralmassen werden Dampf und Gase von einem gewissen, bestimmten Charakter ausgetrieben, so dass man durch sorgfältige Combination

Digitized by Google

der Art des Vorkommens der verschiedenen Producte und aus der Zusammensetzung der Substanzen selbst mit Hülfe der Chemie und Physik zu einer Einsicht in die Ursachen und Wirkungen vulkanischer Thätigkeit zu gelangen hoffen darf.

Was die Höhe der Vulkane über dem Meeresspiegel angeht, so ist dies zwar eine etwas trügerische Messungsmethode, so weit es vulkanische Producte betrifft, da dieselben auf verschiedenartigen Gesteinen in verschiedenen Höhen über diesem Niveau abgelagert sind, und dieselben auch ohne Zweifel die Basis von vielen Vulkanen unter dem Meeresspiegel auf dem Boden des Oceans bilden; indessen machen die höchsten bekannten Vulkane einen solchen kleinen Bruchtheil des Erdradius aus, dass bei der Betrachtung von Phänomenen, welche zahlreichen Punkten an der Erdoberfläche gemeinsam sind, Höhenunterschiede keine grosse Hülfe zur Ergründung der Ursachen der vulkanischen Thätigkeit abgeben, obgleich gewisse Wirkungen dadurch etwas modificirt werden können, besonders wenn Vulkane sich in die Regionen des ewigen Schnees erheben. Cotopaxi, dessen Kegel sich bis zu der Höhe von ungefähr 19000 (engl.) Fuss über das Meer erhebt, bildet nur einen unbedeutenden Theil von 3963 (engl.) Meilen, der Länge des Erdradius, beträgt also nicht mehr als $3^3/_4$ (engl.) Meilen von diesem Radius oder ungefähr $^1/_{1100}$.

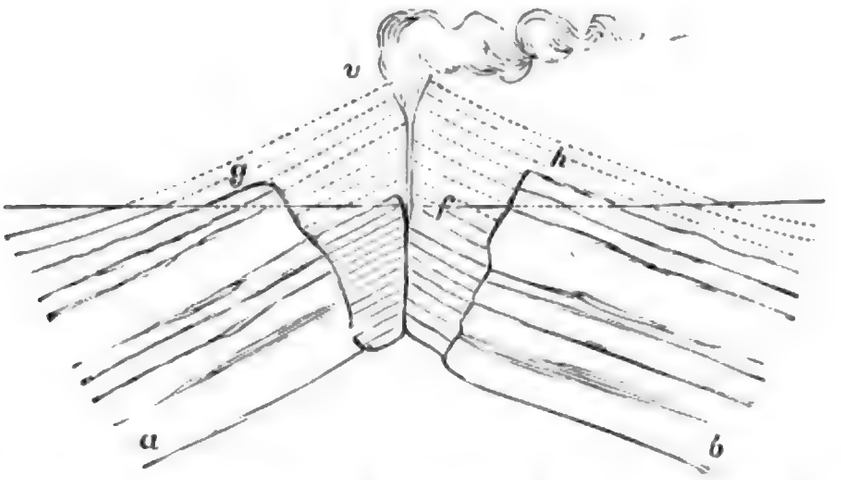
Ueber die Beschaffenheit der vulkanischen Mündungen, durch welche Gase und Mineralsubstanzen austreten, herrscht eine grosse Meinungsverschiedenheit. Während einige Geologen annehmen, dass die Gesteine, durch welche die vulkanischen Kräfte ihren Ausweg nahmen, durch die letzteren domartig erhoben wurden, wobei die gasigen Producte an dem höheren Theil ausbrachen, und die leichteren Substanzen in die Atmosphäre trieben, wenn der Dom sich in dieselbe erhob, und das zähflüssige Gestein aus der Mündung ausfloss, behaupten andere, dass eine einfache Spalte oder Oeffnung in den früheren Gesteinen vorhanden war, durch welche die vulkanischen Producte austraten, wobei die festen Substanzen sich um die Mündung anhäuften, so dass der täuschende Anblick eines Doms hervorgebracht wird.

Die folgenden Durchschnitte, Fig. 115 und 116, zeigen die Unterschiede zwischen den „Erhebungskratern", wie sie zuerst Leopold von Buch aufstellte, und Elie de Beaumont und andere Geologen weiter verfolgten, und den sogenannten „Eruptionskratern". Fig. 115 stellt einen Theil von mehr oder weniger horizontalen Ablagerungen dar, die zerrissen und zu einer kegelförmigen oder domförmigen Masse erhoben sind, wobei ein Theil davon, *g a c b h*, getheilt und bei *c* zerrissen wurde, so dass die vulkanischen Kräfte ihren Ausweg fanden. Der Deutlichkeit wegen wird angenommen, dass die zerrissenen Gesteine in Schichten abgelagert sind. Dies ist keineswegs wesentlich, indem die zerrissene Masse aus gewissen krystallinischen Gesteinen bestehen

Digitized by Google

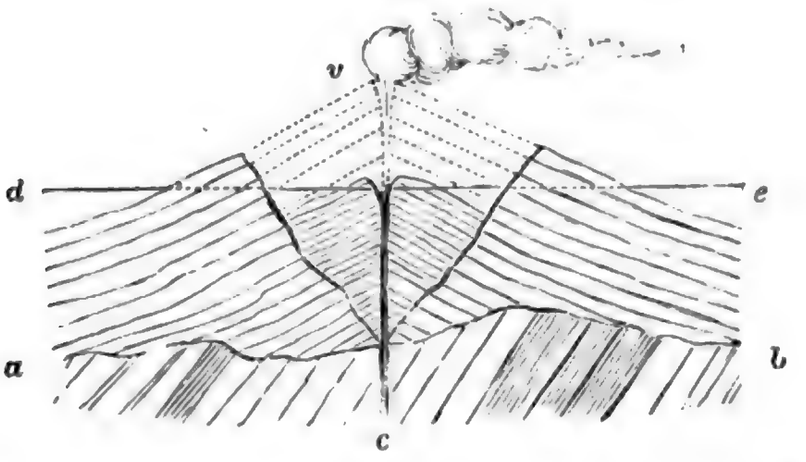
kann, wie z. B. Granit, die keine Art von Schichtung darbieten. Wenn jetzt Aschen und Rapillen aus dieser Oeffnung ausgeworfen werden,

Fig. 115.



und sich in mehr oder weniger konischen Schichten über einander anhäufen, bis bei *g* und *h* die ursprünglichen und emporgehobenen Schichten bedeckt sind, und sich bei *v* ein Krater darstellt, durch welchen fortdauernd ähnliche Substanzen ausgeworfen werden, so wird es sehr schwierig sein, eine solche Anordnung der Theile von der zu unterscheiden, wo ein Ausbruch von ähnlichen Substanzen durch einen einfachen Längenriss, wie bei Fig. 116, stattgefunden hat. In diesem

Fig. 116.



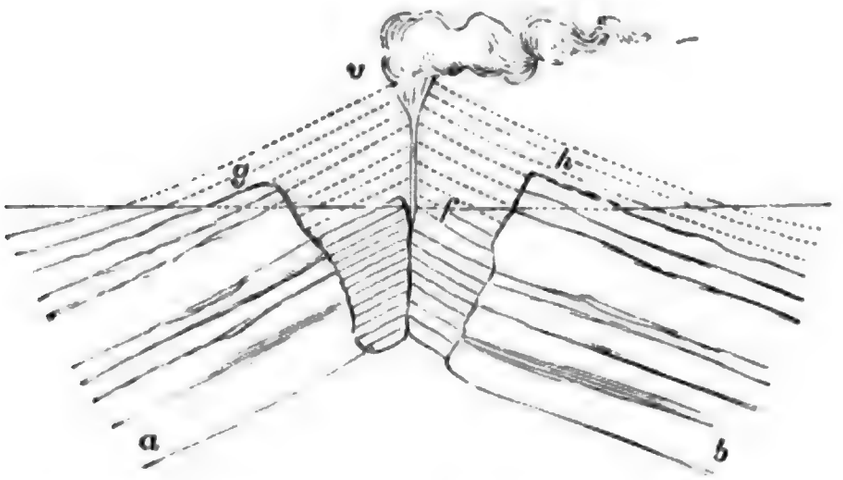
Durchschnitt wird eine Reihe von Schichten, *a b*, von einer Spalte durchsetzt, welche zwar die Schichten theilte, aber nicht von einer Emporhebung oder Senkung auf der einen oder der anderen Seite begleitet war. Durch diese Mündung *c* haben sich Aschen und Rapillen in konischen Schichten, wie im vorigen Falle, angehäuft, wobei der Gipfel von dem Krater *v* gekrönt wird.

Es ist klar, dass in beiden Fällen, wenn die vulkanischen Ablagerungen an der Luft statthatten, und selbst wenn Lavaströme hinzukamen und Spalten in den Aschen und Rapillen mit geschmolzenem Gestein gefüllt wurden, die hier der Deutlichkeit wegen weggelassen

Digitized by Google

sind, die Aehnlichkeit in der Anordnung der vulkanischen Producte bedeutende Schwierigkeiten darbietet, wenn nicht die Entblössung durch atmosphärische Einflüsse oder das Einstürzen oder Zerstieben eines grossen Theils des Vulkans einen Blick in die Structur der Masse im Allgemeinen gestattet, so dass man, wie Fig. 117 zeigt, Theile der

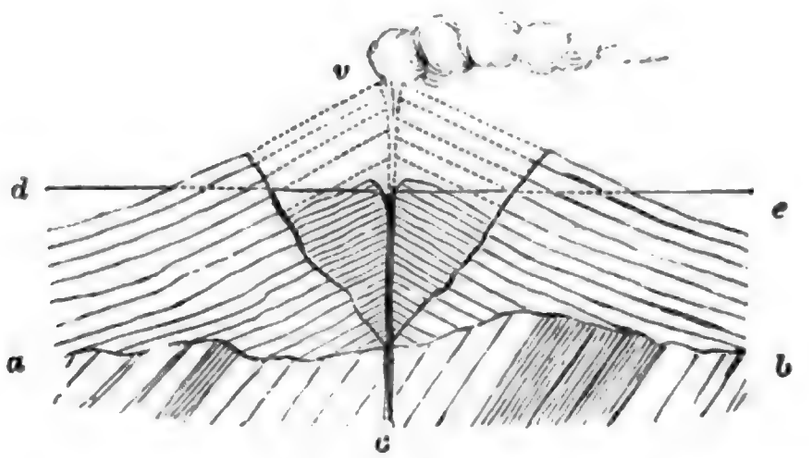
Fig. 117.



unten liegenden und aufgerichteten Schichten von verschiedenen Gesteinen sehen kann, wie bei *g* und *h*, oder von ähnlichen vulkanischen Anhäufungen, wie in Fig. 118.

Deutlicher wird die Sache, wenn Asche, Rapillen und geschmol-

Fig. 118.



zene Massen sowohl unter als über dem Meeresniveau angehäuft wurden und die Wirkung der Brandung das Ganze entblösst hat, so dass deutlichere Durchschnitte zum Vorschein kommen. So können bei einer Erhebung über den Meeresspiegel die ursprünglichen dom- oder kegelförmigen Gesteine *a b*, Fig. 117, welche ursprünglich durch die Massen *g v h*, das Resultat eines hohen Thätigkeitszustandes in dem Vulkan, bedeckt waren, zuletzt sichtbar werden und die gesuchte Einsicht gewähren. Auf gleiche Weise können, wie Fig. 118 zeigt, die Beweise für eine Anhäufung durch einfache vulkanische Eruption, durch Entblössungen durch das Meer geliefert werden. In beiden Durchschnitten

Digitized by Google

wird vorausgesetzt, dass die vulkanische Thätigkeit nicht aufhört und kegelförmige Anhäufungen sich innerhalb einer kraterförmigen Einsenkung, die mehr oder weniger von Wasser erfüllt ist, zu bilden fortfahren, wobei von allen Seiten steile Wände eine thätige vulkanische Mündung umgeben, wie bei *f*, Fig. 117.

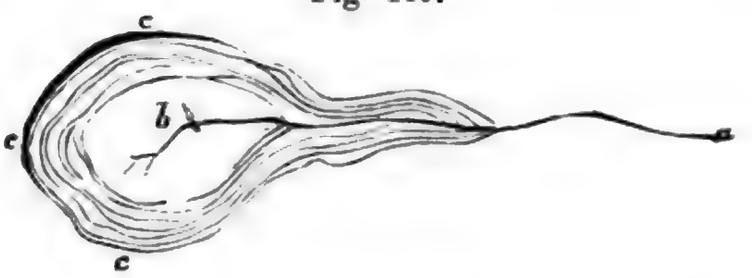
Selbst unter diesen günstigen Umständen muss der Beobachter sehr vorsichtig sein. Die gebotenen Thatsachen erheischen oft nicht geringe Vergleichung und Classification, denn in solchen Fällen muss man beachten, in wie weit das Niveau von Meer und Land dasselbe geblieben ist, seitdem die verschiedenen Ablagerungen stattfanden. Es würden z. B. in den das innere Wasserbecken, in welchem die vulkanische Insel verschiedene Gase und Producte auswirft, umgebenden Schichten organische Reste entdeckt. Sind die Ablagerungen *g* und *h*, Fig. 117, aus einer jüngeren geologischen Zeit, und durch die Gegenwart von Molluskenresten bezeichnet, die wenig oder gar nicht von denen verschieden sind, die noch in der Nachbarschaft vorkommen, und giebt der mineralogische Charakter der dieselben einschliessenden Schichten keinen entscheidenden Aufschluss darüber, so kann man grossen Schwierigkeiten begegnen, wenn der Winkel, bis zu welchem die Ablagerungen erhoben sind, nicht den Gedanken an eine in dieser Weise stattgehabte Ablagerung ausschliesst. Ein Blick auf den Durchschnitt Fig. 118 zeigt, dass, wenn die Linie *de*, die das jetzige Meeresniveau darstellt, erhoben, und folglich die ganze Gesteinsmasse mit den liegenden Ablagerungen *acb* relativ gesenkt würde, so dass die jetzt über dem Meere befindlichen Schichten unter dasselbe kommen, Mollusken auf und in diesen Lagen, während sie nach einander den Meeresboden bildeten, gelebt haben können, wie auf irgend einem anderen Meeresboden und wie viele Mollusken jetzt in den Umgebungen vulkanischer Inseln. Während eines langen Zeitraumes kann die Thätigkeit der Brandung eine neue Anordnung vieler Substanzen mit thierischen Resten, auf den untermeerischen Abhängen von Vulkanen bewirkt haben, wobei der Winkel der Schichten nach verschiedenen Verhältnissen wechselte Alle Veränderungen in dem gegenseitigen Niveau von Land und Meer, die man so häufig findet und die oft so beträchtlich waren, und welche die ganze Masse Fig. 118 heben, so dass *de* zur Linie des Meeresniveaus wird, werden die das Innere begrenzenden Ränder dieser Versteinerungen führenden Schichten blosslegen. Auch muss man beachten, dass in vielen Localitäten kalkführende Schichten und selbst Kalkstein sich mit solchen Ablagerungen während ihres untermeerischen Absatzes mischen können.

Beim Studium der Brüche und Biegungen der Gesteine im Kleinen wie im Grossen sieht man häufig das Zusammenvorkommen von Biegungen und Spalten und den Uebergang der einen in die anderen. Das folgende Beispiel, Fig. 119 (s. f. S.), von der Endigung eines Bruches

Digitized by Google

oder einer Biegung, die bei den nur schwach geneigten Liasschichten von Lyme Regis in Dorsetshire vorkommt, erläutert einen mit unserem

Fig. 119.



Gegenstand in Beziehung stehenden sehr interessanten Punkt, nämlich dass in den wichtigeren Beispielen von „Erhebungskratern" oft an einer Seite eine beträchtliche Unterbrechung oder Ausgang gefunden wird. Der Grundriss zeigt einen Wechsel der dünnen Schichten des Lias von Dorsetshire mit Schiefern, und das Ganze ist von einer Spalte *a b* unterbrochen, die die Fortsetzung von einer anderen ist, welche eine Dislocation hervorgebracht hat und welche bei *b* in einer Kuppe mit etwas divergirenden kleinen Spalten endet. Das Innere besteht aus Kalkstein, um welchen der bedeckende Schiefer durch eine birnförmige Auswölbung blossgelegt ist, und ausserhalb derselben ist eine andere Kalkschicht *c c c*, die von dem inneren Theile *b* nach aussen fällt, und das Ganze nimmt gegen *a* hin einen mehr horizontalen Charakter an, wo auf eine gewisse Länge die ebene Oberfläche bloss durch eine Spalte unterbrochen wird. Unter Vermittlung der gehörigen Kräfte und Widerstände würde man eine gleiche Anordnung der Theile in einem grossen Maassstabe erhalten.

Wenn, wie in dem folgenden Grundriss, Fig. 120, ein solcher Zu-

Fig. 120.

stand der Dinge in einem grossen Maassstabe bewirkt wurde und vulkanische Kräfte an verschiedenen Stellen einen Ausweg fanden, so können die Thatsachen für einen Erhebungskrater sprechen und andere Vulkane zugegen sein, die diesen Charakter nicht darbieten, und welche alle auf einer grossen Spalte auftreten, die in einer domförmigen Erhebung endigt, und es kann vielleicht eine gemeinsame Communication zwischen ihnen vorhanden sein. Bei *d a c* würden die zerrissenen Schichten mit strahlenförmigen Spalten um einen Schlund sich nach

Digitized by Google

aussen neigen, welcher letzterer sich in der Richtung der Hauptspalten nach *b* öffnet, während die die vulkanischen Oeffnungen *e* und *f* umgebenden Schichten horizontal sein können. Wenn unter solchen Umständen die vulkanischen Ablagerungen fortdauern, so dass sie sich vermischen, und das Ganze mit Beziehung zu einer Senkung unter das Meer, oder zu einer Erhebung über sein Niveau betrachtet wird, so lässt sich leicht begreifen, dass zahllose Complicationen stattfinden können, deren richtige Würdigung keine geringe Sorgfalt erheischt.

Da man jeden Grund zur Annahme hat, dass vulkanische Substanzen in verschiedenen Tiefen unter dem Meeresniveau, so gut wie über demselben ausgeworfen wurden und ausgeworfen werden, so muss man die in dem ersteren Falle stattfindenden Modificationen der Verhältnisse gehörig ins Auge fassen, besonders wenn wir solche Modificationen mit Veränderungen in dem relativen Niveau von Meer und Land zu vereinigen haben, so dass in verschiedenen Tiefen unter Wasser gebildete Ablagerungen mit solchen vermischt werden, die in der Atmosphäre angehäuft wurden. Dass untermeerische Ablagerungen sich allmälig den an der Atmosphäre vorgegangenen nähern, als die um vulkanische Oeffnungen angesammelten aus verschiedener Tiefe in dem Meere sich über sein Niveau erhoben, begreift sich leicht. Wenn Eruptionen über dem Meeresspiegel erscheinen, so werden Aschen, Rapillen und Steine um einen Krater aufgehäuft, und Dämpfe und Gase ausgestossen, wie auf St. Michael in den Azoren (Seite 98) im Jahre 1811 und im Mittelländischen Meere zwischen Pantellaria und der sicilianischen Küste im Jahre 1831 statthatte (Seite 69). In solcher Zeit häufen die vulkanischen Kräfte dergestalt Mineralstoffe um die Kratermündung an und überwältigen die Thätigkeit des Meeres, dass erst nach der Erschöpfung oder grossen Ermässigung dieser Kräfte die Brandung auf das Land wirkt, und, wenn keine Senkung oder kein Einstürzen der so gehobenen vulkanischen Massen stattfindet und die letzteren gehörig locker sind, die Ablagerungen bis zu der Tiefe abträgt, bis zu welcher die Wogen mechanisch wirken können.

Um die Modificationen richtig würdigen zu können, welche in der vulkanischen Thätigkeit in verschiedenen Tiefen im Wasser entstehen, ist ein sehr sorgfältiges Studium der ausgestossenen Gase und Dämpfe, der chemischen Zusammensetzung, des mineralogischen Charakters und der Erscheinungsweise der von Vulkanen an der Atmosphäre ausgeworfenen festen Substanzen nothwendig. Von den ausgestossenen Gasen und Dämpfen sind die hauptsächlichsten Wasserdampf, schweflige Säure, Schwefelwasserstoff, Salzsäure und Kohlensäure. Wasserdampf ist ein sehr gewöhnliches Product und wird bisweilen lange Zeitalter hindurch aus vulkanischen Spalten ausgestossen. Auch Salzsäure ist häufig in verschiedenen Theilen der Welt. Schweflige Säure soll hauptsächlich in Vulkanen von einem gewissen Grade der Thätigkeit

Digitized by Google

vorherrschen, während Schwefelwasserstoff sich am häufigsten bei denen findet, die in einem ruhenden Zustande sind. Kohlensäure beobachtet man beim Schluss der Eruptionen oder in erloschenen Vulkanen, und sie soll mehr am Fusse der Vulkane und in ihrer Nachbarschaft ausgehaucht werden, als aus ihren Kratern. Ausser diesen Gasen, die man sammeln kann, wenn man sich den vulkanischen Mündungen hinreichend nähern kann, wird auch bisweilen brennbares Gas aus Kratern und vulkanischen Spalten emanirt, welches die oft erwähnten, aber auch bezweifelten Flammenerscheinungen hervorbringt. Es ist noch unbestimmt, was das für ein Gas ist, und wird noch lange so bleiben, da es hauptsächlich bei heftigen Ausbrüchen erscheint, die für eine Untersuchung ungünstig sind. Pilla beobachtete eine Flamme aus dem Krater des Vesuvs im Juni 1833, die eine violettrothe Farbe hatte, und das sie hervorbringende Gas entzündete sich nur beim Contact mit der Luft*).

*) Durch die unschätzbaren Untersuchungen, welche Bunsen über die Exhalationen angestellt hat, welche in Island auf die vulkanischen Katastrophen folgen, sind wir in unserer Kenntniss vulkanischer Gase überhaupt um Vieles weiter gekommen. Er fand neben vorherrschendem Wasserdampf nur Kohlensäure, Salzsäure, Schwefeldampf, Schwefelwasserstoff, schweflige Säure, freies Wasserstoffgas, und daneben als fremde nicht vulkanische Substanzen Stickstoff, Sauerstoff und Ammoniak, nie Kohlenoxyd oder Kohlenwasserstoffe. Die Heklafumarolen enthielten: 1 und 2 Fumarolen im grossen Heklakrater; 3 Fumarolen des Lavastromes von 1845.

	N	O	CO_2	SO_2	Salzsäure.
1	81,81	14,21	2,44	1,54	Unbestimmte Menge
2	82,58	16,86	0,56	0,00	„
3	78,90	20,09	1,01	0,00	„

Salzsäurefumarolen erscheinen als unmittelbare Nachwirkungen der vulkanischen Ausbrüche, vorübergehend, und wo die nöthigen Temperaturen (Bunsen findet den Ursprung der Salzsäure in den Kratergasen in der Zerlegung von Chlornatrium oder der in der Lava enthaltenen Chlorverbindungen — die Heklalaven von 1845 enthielten 0,246 Proc. Chlor und am Ende des Stromes 0,447 — welche bei höherer Temperatur von Silicaten unter Mitwirkung von Wasserdampf zerlegt werden) nicht in zu grosse Bodentiefen gesunken sind, da sonst die Salzsäure durch ihre Wirkung auf die Gesteine keine flüchtigen Chlorverbindungen bilden würde. In der Tiefe kann aber die Erscheinung noch lange in der Mineralwasserbildung thätig sein.

Die Schwefelfumarolen sind viel nachhaltiger. Folgendes sind Analysen der Gase in Procenten aus den Wasserdampfstrahlen verschiedener Solfataren. a. Von Krísuvík, enthält 82,30 Proc. Wasserdampf und 17,70 Proc. Gase; b. eine ähnliche Gasquelle, nahe dabei; c. Dampfstrahl

Digitized by Google

Wie Daubeny bemerkt, entzünden sich Wasserstoff und seine Verbindungen nicht, wenn Wasserdampf oder Salzsäure in gewissen Verhältnissen mit ihnen gemischt sind, und da diese beiden sehr häufig in den meisten Eruptionen emaniren, so könnte ein so gemischtes brennbares Gas in die Luft gehen, ohne sich zu entzünden. Darum kann dieses Gas oft während heftiger Eruptionen zugegen sein, aber doch keine Flamme unterhalten.

Was die Sublimationen aus Vulkanen angeht, so lässt sich erwarten, dass dieselben verschiedenartiger Natur sind, da die Verhältnisse, unter welchen vulkanische Kräfte und Producte einen Ausweg finden, ja gleichfalls sehr verschieden sein müssen. Zu den häufigsten gehört Chlornatrium oder Kochsalz, welches man in sehr verschiedenen Theilen der Erdoberfläche im Zusam menhang mit vulanischer Thätigkeit findet. Ebenso findet man oft Eisenglanz in Spalten und Höhlungen, und bei manchen Vulkanen Salmiak. Der Schwefel entsteht entweder durch gegenseitige Zersetzung von schwefliger Säure und Schwefelwasserstoffgas in Berührung mit Wasserdämpfen, oder durch die von porösen Körpern unter einer gewissen Temperatur auf das letztere Gas ausgeübte katalytische Wirkung*). Die Sublimationen von Schwefeleisen,

---

aus einem Schlammkessel, eine Viertelstunde von der letzteren. d. Künstlicher Dampfstrahl aus dem dampfenden Schlammboden von Reykjalidh; e. aus dem Fumarolenboden des grossen Geyser.

	a.	b.	c.	d.	e.
Stickstoff	1,67	0,69	0,50	0,72	84,11
Kohlensäure	87,43	88,24	79,07	30,00	8,92
Schwefelwasserstoff	6,60	6,97	15,71	24,12	0,38
Wasserstoff	4,30	4,10	4,72	25,14	6,59

Diese Analysen beweisen das Irrthümliche der seither weit verbreiteten Ansicht, dass bei den Exhalationen der Vulkane keine brennbaren Gase vorkommen. Der Grund des Mangels an Flammen bei den grossen Krateraus brüchen liegt darin, dass die berechnete Flammentemperatur von a kaum 152° C. beträgt, mithin ein Wärmegrad, der weit unter der Entzündungstemperatur des Wasserstoffs liegt. Diese Gase sind daher nur noch in der Glühhitze brennbar und können im günstigsten Falle durch eine solche Verbrennung einen Temperaturzuwachs von 152° hervorbringen, der sich in der Glühhitze dem Auge entziehen musste. Schwefelwasserstoffgas und schweflige Säure können nicht neben einander bestehen, kommen also nicht zusammen, aber doch auf einem und demselben Fumarolenfelde oft dicht neben einander vor.

*) Die Zusammensetzung des feuchten Grus, welcher die geschmolzenen Schwefelmassen im Inneren des oberen Heklakraters auf Island umgab, war

Digitized by Google

Schwefelkupfer, Eisenchlorid, Kupferoxyd, salzsaurem und schwefelsaurem Kali, Selen und anderen Substanzen finden sich zwar nur gelegentlich, haben aber, wie Elie de Beaumont*) gezeigt hat, einen wichtigen Einfluss in der Bildung von Gängen, wie später gezeigt werden soll.

Aschen, Rapillen und geschmolzene Lava sind oft nichts weiter als Modificationen derselben Substanz, die in einem Falle geschmolzen und von Dämpfen und Gasen durchdrungen ist, im anderen Falle von diesen Dämpfen und Gasen in verschieden grossen Theilchen ausgestossen wird, wobei sie mehr oder weniger damit imprägnirt und zellig werden; diese Theilchen werden so in feine Körner zerrieben und zermalmt, dass, während ein Theil davon mit den Rapillen in einer konischen Gestalt um die vulkanische Mündung fällt, ein anderer so leicht wird, dass er durch Winde auf grosse Entfernungen getragen werden kann, wie dies bei dem Ausbruch auf St. Vincent in Westindien stattfand, wo die Asche über den Passatwinden weit nach Osten über das Atlantische Meer getragen wurde.

Das geschmolzene Gestein wird bisweilen in einem Krater bis in die Nähe oder ganz an den Kraterrand emporgehoben, so dass es in einem zähen Strome ausfliesst; aber viel häufiger bricht dasselbe durch verschiedene Theile der Seiten des Kraters, was sich leicht durch den Druck einer Substanz dieser Art erklärt, und weil sich während heftiger Ausbrüche Spalten in den Seiten eines Vulkans bilden. Nach dem Ausbruch hängt das Festwerden nothwendiger Weise von den Verhältnissen ab, denen die Masse ausgesetzt ist, wobei das Volumen der ausgeworfenen geschmolzenen Masse zu beachten ist. Wie alle anderen Mineralkörper ähnlicher Art bilden die Laven bei schneller Abkühlung Gläser, die, wenn sie mit vulkanischen Producten vorkommen, unter dem Namen von Obsidian bekannt sind. Bei langsamer Abküh-

---

nach Bunsen: Schwefel 58,272 Proc., schwefelsaurer Kalk 0,796, 2 Al_2O_3 + Al_2Cl_3 0,425, Eisenchlorür 0,282, Chlorcalcium 0,650, Chlormagnesium 0,056, Chlorkalium 0,452, Chlornatrium 0,024, Salmiak 0,005, Wasser 9,402, zersetzter Lavagrus 28,636. Mit Ausnahme des aus der Luft stammenden Ammoniaksalzes kann man diese Producte durch die Wechselwirkung der schwefligen Säure und Salzsäure auf das Kratergestein auch künstlich darstellen. Die Salzanflüge im Grunde des höchsten Kratertrichters scheinen nur trockene Sublimationsproducte zu sein. Ein solcher bestand in Procenten aus: Chlornatrium 5,65, schwefelsaurem Kalk 63,41, schwefelsaurer Magnesia 12,68, schwefelsaurem Natron 16,78, schwefelsaurem Kali 0,88. Die nicht sublimirbaren schwefelsauren Salze scheinen ursprünglich in der Form von Chlorverbindungen verflüchtigt worden und erst später durch schweflige Säure, bei Wasserdampf und Luft, grösstentheils in Sauerstoffsalze übergegangen zu sein. S. Poggendorff's Annal. LXXXIII. 197.

*) *Sur les Emanations Volcaniques et Métallifères. Bull. de la Soc. Géolog.* (2) *IV.* 1249.

Digitized by Google

lung und bei hinreichender Masse krystallisiren sie, wie man leicht durch den Versuch nachweisen kann. Die Hitze der Lavaströme ist verschieden, indem dieselbe von der verschiedenen Abkühlung abhängt, der sie ausgesetzt war, ehe sie ausserhalb des Vulkans floss und untersucht werden konnte, was auch immer die Temperatur der geschmolzenen Masse innerhalb des Vulkans gewesen sein mag. Es wird angenommen, dass die Temperatur, bei welcher Lava zu fliessen fortfährt, hinreichend ist, um Silber zu schmelzen, indem Blei in ungefähr vier Minuten flüssig wird. Welches auch die nöthige Wärme sein mag, so weiss man, dass Lava dieselbe durch eine Reihe von Jahren erhalten kann.

Da die Lava wie die Gesteine im Allgemeinen schlechte Wärmeleiter sind, so bedecken sie sich unter dem Einfluss der verhältnissmässig niederen Temperatur nach ihrem Ausbruch mit einer festen Decke. Diese zerbricht natürlich bei dem fortdauernden Fliessen der zähen Masse unter derselben, und sie wird mehr oder weniger schlackig, je nachdem sie beim Abkühlen durch den Durchgang oder das Erfülltsein mit Dämpfen und Gasen eine zellige Structur erhält. Deshalb ist die Oberfläche von Lavaströmen oft zerrissen und zackig, wie in der folgenden Ansicht (Fig. 121) eines Lavastromes vom Vesuv.

Fig. 121.

Unter den gewöhnlichen Verhältnissen während des Fliessens der Lava bewegt sich der zähe Strom in einer geringen Entfernung von dem Orte seines wirklichen Ausbruches gleichsam in einer Art von Sack,

welcher von Zeit zu Zeit zerreisst, wenn das geschmolzene Gestein im Inneren die fest gewordenen Theile mit sich fortzieht. Auf diese Weise kann der Sack den Lavastrom selbst bergauf führen, wenn der Widerstand seiner Seiten dem auf dieselben ausgeübten Druck gleich ist. Da ein bedeutender Fallwinkel der gehörigen langsamen Abkühlung und der zur Krystallisation nöthigen ruhigen Lagerung der Theilchen ungünstig ist, so glauben Dufrénoy und Elie de Beaumont, dass über einen mässigen Winkel hinaus die Lava keine krystallinische Structur annimmt. Es ist begreiflich, dass der äussere Charakter eines Lavastromes sich nach der Schnelligkeit seines Fliessens richtet und diese unter sonst gleichen Verhältnissen von dem Grade der Neigung abhängt. Wenn aber krystallinische Mineralien in Lava gefunden werden, so folgt daraus nicht immer, dass ihre Theilchen sich von den anderen Bestandtheilen der Masse getrennt haben, nachdem das Ganze in einem geschmolzenen Zustande gewesen ist. Sie scheinen bisweilen vor dem Ausfliessen der Lava gebildet gewesen zu sein. Ein schönes Beispiel davon fand sich am Vesuv im April 1822, wo Leucitkrystalle in einem Lavastrom eingeschlossen waren, welcher an der Basis eines kleinen Kegels im Krater austrat, wobei die Leucitkrystalle in Folge ihrer geringeren Schmelzbarkeit unversehrt in dem geschmolzenen Gestein erhalten wurden. Besteht die Lava zum Theil aus einem wieder geschmolzenen Gestein, in dem Mineralien eingesprengt sind, welche der Hitze widerstanden, so können solche Mineralien beim Ausfliessen den Lavastrom begleiten, und sich in der sonst vielleicht nicht krystallinischen neuen Masse wieder finden.

Es lässt sich kaum erwarten, dass eine geschmolzene Masse, die durch Dämpfe und Gase in einem Krater bewegt wird, entweder über den Rand dieses Kraters fliesst, oder an den Seiten eines Vulkans ausbricht, ohne dass ein Theil dieser Dämpfe und Gase damit gemischt ist, und in die Luft entweicht. Dies wird um so leichter der Fall sein, je flüssiger die Lava und je höher ihre Temperatur ist, wobei die Dämpfe und Gase am meisten ihr Volumen vergrössern. Im Verhältniss, als das geschmolzene Gestein sich abkühlt und die Expansion der Dämpfe und Gase abnimmt, bleiben Höhlungen zurück, die auf der einen Seite in ihrer Grösse im Verhältniss zum Widerstande des sich abkühlenden Gesteins standen, und auf der anderen zur Expansivkraft der Dämpfe und Gase. Wie diese Verhältnisse, so sind auch die Resultate verschieden, und die gebildeten Höhlungen wechseln darum von grossen mit malerischen Lavastalaktiten bekleideten Höhlen bis zu kleinen Blasenräumen. Dämpfe und Gase entrinnen bisweilen während einer langen Zeit durch die Ritzen und Spalten der sich abkühlenden Lava, und man bezeichnet dies mit dem Namen von Fumarolen.

Die dergestalt in Lava entstandenen Höhlungen nehmen nothwendig nach den verschiedenen Bedingungen verschiedene Gestalten an.

Digitized by Google

Lava, welche so ausströmt, dass sie eine breite und verhältnissmässig dicke Masse bildet und nach ihrem Ausfliessen aus einem Vulkan eine wenig bedeutende Bewegung hat und lange flüssig bleibt, hat grosse und kleine Höhlungen, die von einem schneller sich abkühlenden Strome verschieden sind, der sich aber, seiner Bewegung auf einer grösseren Neigung wegen, stetig auf eine weite Entfernung fortbewegt. In dem letzteren Falle werden die Höhlungen und Blasen in der Richtung des Fliessens verlängert, runde Räume werden zu mandelförmigen ausgedehnt und unregelmässige Höhlungen zeigen immer noch eine Streckung in der Richtung der Bewegung. Diese Verlängerung der Blasen kann sich so fortsetzen, dass sie, wie in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 122, vollständig abgeplattet werden, wenn die Zähigkeit der Lava von der gehörigen Art ist. Wenn *c d* eine Fläche darstellt, auf der sich ein Lavastrom bewegt, und *e f* einen Theil, wo seine Zähigkeit eine solche ist, dass runde Höhlungen durch Bewegung in der Richtung *e f* mandelförmige Formen annehmen, so werden diese mandelförmigen Blasen, da die Lava nach der Fläche *c d* zäher wird, bei *a b* flacher, so dass sie endlich im Durchschnitt blosse Streifen oder Linien darstellen und jenem Theil eines Lavastroms bei der Abkühlung ein geschichtetes Ansehen verleihen. Bei dem Festwerden des Theils *a b* und der Fortdauer der Bewegung, wobei der obere Theil allmälig die frühere Zähigkeit von *a b* annimmt, kann dort eine ähnliche Plattung stattfinden. Auf diese Weise kann, da der obere Theil eines Lavastroms in Bezug auf den Verlust seiner Flüssigkeit und die Reibung des zähen Theils auf den festen äusseren Theil unter ähnliche Verhältnisse kommen kann, wie der untere Theil, einem beträchtlichen Theil desselben ein mehr oder weniger deutlicher Charakter der Plattung mitgetheilt werden.

Fig. 122.

Darwin*) beschreibt eine solche plattenförmige Structur der Obsidianschichten auf der Insel Ascension und vergleicht sie mit dem gebänderten und plattenförmigen Charakter von Obsidian und verschiedenen vulkanischen Gesteinen von anderen Localitäten, wobei er unter anderen Ursachen der Plattung, das Ausstrecken und Abplatten der Blasen durch das Fliessen dieser Gesteine in einem zähen Zustande erwähnt. Dasselbe wurde bereits von Humboldt und anderen Geologen beobachtet und man sieht es oft an Cabinetsstücken.

Bisweilen entrinnen Dämpfe und Gase durch die geschmolzene

*) *Geological Observations on the Volcanic Islands visited during the Voyage of the Beagle*, p. 62.

Digitized by Google

Lava, welche entweder während der Zeit einen Theil des Kraters einnahm oder in einem Strome floss, und es bildeten sich sehr phantastische Formen. Die folgende Skizze (Fig. 123) zeigt eine etwas unregelmässige Anhäufung von Lava aus dieser Ursache. Sie wurde von Dana in dem Krater von Kilauea auf Hawaii gesehen und stieg im Ganzen bis zu einer Höhe von ungefähr 40 Fuss. „Sie hatte sich über einer kleinen Oeffnung gebildet, über welcher das flüssige Gestein in Sprudeln und kleinen Cascaden emporgeschleudert wurde. Da die ausgeworfene Lava umherfiel, so erhöhte sie allmälig die Basis; die Säule darüber wurde dann aus Tropfen aufgebaut, welche ausgeworfen wurden und über einander fielen; da sie noch weich waren, hingen sie an einander an und verlängerten sich zu gleicher Zeit ein wenig während der Abkühlung“*).

Fig. 123.

Die folgende Skizze (Fig. 124) giebt ein Beispiel ähnlicher Art, welches Abich**) im Jahre 1834 am Vesuv beobachtete, wobei schlackige Lava allmälig zu einer hohlen Säule durch teigige Theile aufgebaut wurde, welche an einander anhingen, wenn sie aus der geschmolzenen Masse durch einen Dampf- oder Gasstrom ausgestossen wurden. Auf ähnliche Weise werden bisweilen grosse Blasen erhoben, welche auf einer Seite platzen und hinreichend harte Theile zurücklassen, wobei bei dem Ausfliessen geschmolzener Lava unregelmässige Höhlungen zurückbleiben. Die Mannigfaltigkeit von Höhlungen, die nach dem Festwerden der Lava übrig bleiben und welche entweder aus der Beimischung von Dämpfen und Gasen oder aus dem Fliessen des flüssigen Gesteins aus Unebenheiten in Lavaströmen oder ihren röhrenförmigen Behältern entstehen, ist unendlich.

Viele Belehrung nicht nur hinsichtlich der Dämpfe und Gase, sondern auch des Ausbruchs und der Art der Anhäufung von flüssiger und zäher Lava, Aschen und Rapillen, gewährt das Studium von Eruptionen aus kleinen Oeffnungen entweder in den Kratern von Vulkanen, wenn man sich denselben nähern kann, oder an ihren Seiten, wo sie sich auch bisweilen finden. In einigen Kratern ist das geschmolzene Gestein nicht sehr mit den Dämpfen und Gasen gemischt, in anderen wird es schaumig durch die innige Vermischung mit denselben, wobei

*) *Geology of the United States' Exploring Expedition*, 1828—42, *p.* 177. Dana erwähnt ähnliche Beispiele in kleinem Maassstabe von Mauna Loa.

**) Geologische Erscheinungen beobachtet am Vesuv und Aetna, Berlin, 1837.

Digitized by Google

die Mineralmasse bei Weitem den kleineren Theil des Gemisches bildet. Bisweilen erhebt diese Masse bloss die Lava, so dass sie über die Ab-

Fig. 124.

lagerungen um den Kratermund gewöhnlich mehr oder weniger kegelförmig sich anhäuft, andere Male werden Theile der geschmolzenen Masse plötzlich ergriffen und hoch in die Luft gewirbelt, wobei sie durch ihre Bewegung eine sphäroidalische Form annehmen*). Wenn sie nur auf kurze Entfernungen geschleudert werden, so fallen sie um-

*) Man nennt diese vulkanische Bomben. Darwin fand solche auf der Insel Ascension, welche innerhalb einer Schale von dichter Lava ein zelliges Innere hatten, und er bemerkt, dass, wenn man sich eine Masse von zäher schlackiger Materie denke, die mit einer raschen rotatorischen Bewegung durch die Luft geschleudert wird, während die äussere Kruste durch Abkühlung fest wird, die Centrifugalkraft durch Aufhebung des Drucks in den inneren Theilen der Bombe eine Erweiterung der inneren Zellen gestattet; aber indem diese durch dieselbe Kraft gegen die bereits erhärtete Kruste getrieben werden, werden sie immer kleiner und weniger ausgedehnt, je näher sie diesen Theilen kommen, bis sie in eine feste concentrische Schale gepackt werden.

Digitized by Google

her und platten sich zu unregelmässigen und rauhen Scheiben, den sogenannten Schlackenfladen, ab, und bilden eine Decke, welche sich mit zuweilen in einen wahren Schauer fallenden schlackigen Rapillen mischen kann oder nicht. Kleine Lavaströme brechen zuweilen aus diesen konischen Ablagerungen hervor, indem der Widerstand der Seiten überwunden wird und sich Spalten bilden, so dass man die geschmolzene Masse sich in ihnen erheben sieht. Viele von den Wirkungen vulkanischer Thätigkeit im Grossen kann man auf diese Weise bequem in einem kleinen Maassstabe beobachten.

Obgleich kegelförmige Anhäufungen um eine Mündung die Wirkungen vulkanischer Thätigkeit aus derselben bezeichnen, welche feine und grobe Asche und Rapillen austreibt, mit Massen von schaumigem geschmolzenem Gestein und Strömen von flüssiger und zäher Lava, die mehr oder weniger von einem centralen Schlunde ausstrahlen, und entweder über die Ränder des Kraters fliessen oder die Seiten eines Vulkans durchbrechen, und das Ganze durch mehr oder weniger verticale Mauern von Lava zusammengehalten wird, welche Spalten erfüllten, die sich von Zeit zu Zeit in der Masse bildeten, so ist dies nicht nothwendig mit allen der Fall, noch mit allen Theilen eines Berges, von welchem eine oder mehrere von diesen konischen Anhäufungen einen Theil bilden können. Bezüglich der Kegel wird die folgende den Reisen Humboldt's entnommene Darstellung des Cotopaxi

Fig. 125.

(Fig. 125) die Bildung eines grösseren erläutern, und die schöne regelmässige Gestalt desselben zeigt, wie gleichförmig die vulkanischen

Fig. 126.

Kräfte und die Substanzen bei der Bildung gewesen sein müssen. Was sein Volumen betrifft, so giebt dieses natürlich kein Maass für die Zeit, welche der Kegel zu seiner Bildung gebraucht hat, aber dasselbe zeigt doch die grosse Masse der vulkanischen Stoffe, welche durch auf einander folgende Bedeckungen zu dieser Gestalt angehäuft wurden*). Die Art und Weise, wie ein solcher Berg durch Lavaströme und vulkanische Gangausfüllungen zusammengehalten sein mag, ist uns nicht bekannt. Die Form im Allgemeinen lässt uns eine grosse Menge von Asche und Rapillen voraussetzen, und unter den letzteren grosse ausgeschleuderte Massen von zäher, schlackiger und schaumiger (bimssteinartiger) Lava, die durch eine Oeffnung ausgeworfen wurden, welche während der Anhäufungen an einer Stelle blieb.

Mauna Loa und Mauna Kea in Hawaii, welches ebenfalls hohe vulkanische Berge sind, und von denen der erstere nach Dana sich 13,760 Fuss und der letztere 13,950 Fuss über dem Meere erheben, zeigen eine grosse Verschiedenheit in der Structur von der des Cotopaxi, die sich auch in ihren Umrissen ausspricht, wie die nebenstehende Skizze (Fig. 126) von Hawaii zeigt, die von Osten genommen ist**). Karten und Beschreibungen zeigen, dass Hawaii (welches, wie Dana bemerkt, zu einer Gruppe gehört, die sich ungefähr 100 deutsche Meilen von N. W. nach S. O. hinzieht und deren Inseln bloss die höheren Punkte von Bergen sind, die sich über das Meer erheben) eine Masse von vulkanischem Material ist mit drei besonderen Höhen, Loa, Kea und Hualalai. Ausser diesen drei hohen Gipfeln giebt es eine grosse Zahl von Kratern von jeder Beschaffenheit, die über die Abhänge zerstreut sind. Einige davon sind mit Wäldern bewachsen, während man in der Nähe von anderen feste und schwarze Lavaströme meilenweit verfolgen kann. Ausgedehnte Flächenräume sind mit der erkalteten Lavafluth bedeckt, auf der die Biegungen und Drehungen des langsamen Stromes bei seinem Weiterfliessen überall sichtbar sind; andere Theile sind öde Areale von zackigen Schlacken. Nur wenige Monate vor Dana's Besuch (1840) war eine Fläche von 15 engl. Quadratmeilen mit Lava überschwemmt worden, welche auf einem

*) Cotopaxi erhebt sich nach Humboldt 19,070 engl. Fuss über die Meeresfläche.

**) Dana, *Geology of the United States' Exploring Expedition* 1838–42, *p.* 159.

Digitized by Google

unterirdischen Wege von Lua Pele kam. — Der merkwürdigste Krater in Thätigkeit ist der von Kilauea an der Seite des Mauna Loa und ungefähr 5 deutsche Meilen von seiner Spitze entfernt*).

Nach der Beschreibung von Ellis**) liegt der Krater auf einer von steilen Abhängen begrenzten Hochebene, die offenbar zwischen 200 — 400 Fuss unter ihr ursprüngliches Niveau gesunken ist. „Die Oberfläche der Ebene war ungleich und mit losen Steinen und vulkanischen Felsstücken überstreut, und in ihrem Mittelpunkte befand sich der grosse Krater.“ . . . . „Unmittelbar vor uns eröffnete sich ein ungeheurer Abgrund, in der Gestalt eines Halbmondes, ungefähr eine halbe (deutsche) Meile lang, von N.O. nach S.W. beinahe eine Viertelmeile breit und ungefähr 800 Fuss tief. Der Boden war mit Lava bedeckt und nach Südwesten und Norden bildete er ein grosses Meer von glühenden Massen, in einem Zustande von furchtbarem Aufkochen, das seine Brandung und flammende Wogen hin und her rollte. Einundfunfzig kegelförmige Inseln von verschiedener Gestalt und Grösse mit eben so vielen Kratern erhoben sich entweder von dem Rande oder von der Oberfläche des feuerigen Sees; zwei und zwanzig von ihnen stiessen fortwährend graue Rauchsäulen oder Pyramiden von leuchtenden Flammen aus, und mehrere von ihnen ergossen zu gleicher Zeit aus ihrer feurigen Mündung Lavaströme, die in flackernden Strömen über ihre gezackten Seiten in die kochende Masse herabrollten.“ . . . „Die Seiten des Abgrundes vor uns, die aus verschiedenen Schichten alter Lava bestanden, hatten eine senkrechte Höhe von ungefähr 400 Fuss und erhoben sich aus einer weiten horizontalen Terrasse von fester schwarzer Lava von unregelmässiger Breite, deren Abhang vollständig unterhalb dieses Randes herum lief und sich allmälig nach dem brennenden See hin erstreckte, der nach unserer Schätzung 300 bis 400 Fuss tiefer war. Es war offenbar, dass der grosse Krater noch vor Kurzem bis zu diesem schwarzen Rande mit flüssiger Lava gefüllt gewesen war.“

Die Beschreibungen dieses Kraters von anderen Beobachtern***) stimmen im Allgemeinen mit der von Ellis überein, wenn man die Modificationen berücksichtigt, wie sie sich in jedem vulkanischen Krater erwarten lassen. Das Folgende (Fig. 127) ist eine Skizze von Kilauea, die während der Entdeckungsreise unter Capitän Wilkes ge-

---

*) Nach Dana ist die Entfernung 19,8 engl. Meilen und die Höhe von Kilauea 3970 Fuss über dem Meere. Douglas (*Journal of the Geographical Society. Vol. IV.*) schätzt die Höhe nach barometrischen Messungen auf 3845,9 — 3873,7 engl. Fuss, und Strzelecki auf 4101 (engl.) Fuss.

**) *Tour in Hawaii.* London, 1826.

***) Douglas, in „*Journal of the Geographical Society*“ *Vol. IV.* Kelly, in „*American Journal of Science*“ *Vol. XI.* Strzelecki in „*New South Wales and Van Diemen's Land*“, und Andere.

Digitized by Google

macht wurde. Sie zeigt die Klippe, welche die Einsenkung umgiebt, die $7^1/_2$ engl. Meilen im Umkreise hat, und ebenso die grossen oben

Fig. 127.

erwähnten Terrassen. Zusammen mit dem folgenden von Dana*) gegebenen Durchschnitt giebt sie die Vorstellung von einem ausgedehn-

Fig. 128.

ten Areal geschmolzenen Gesteins, welches nach der jezeitigen hebenden Kraft steigt und fällt, indem diese bisweilen plötzlich sich verändert, wie es bei vulkanischer Thätigkeit nicht ungewöhnlich ist, so dass manchmal durch die Senkung der geschmolzenen Masse verticale Wände gebildet werden, während die Lava in einer anderen Zeit die Höhle wieder füllen und selbst überfliessen kann. In dem obigen Durchschnitt (Fig. 128), der durch den kürzesten Durchmesser genommen ist (mit gleichem Maassstab für Höhe und Entfernung), ist mm' die ganze Breite des Kraters in dieser Linie, on, $o'n'$ die schwarze Terrasse, pp' der Boden des unteren Kraters, np, $n'p'$ die Wände des unteren Kraters, 342 Fuss hoch, und mo, $m'o'$ die Wände über der schwarzen Terrasse, 650 Fuss hoch. Dana schildert die durch die Klippen entblössten Schichten als beinahe horizontal und den Krater zur Zeit seines Besuchs (November 1840) als ziemlich ruhig, aber doch unbeständig**).

*) *Geology of the United States' Exploring Expedition*, p. 174.

**) Die Beschreibungen der Anordnung der Schichten und andere mit diesem Krater verbundene Thatsachen haben eine wichtige theoretische Bedeutung. „Diese steilen Seiten des Kraters bestehen," wie er bemerkt, „aus kahlem Fels in auf einander folgenden Schichten und sehen in der Entfernung wie Klippen von geschichtetem Kalkstein aus. Die Schichten wechseln von wenigen Zoll bis zu 30 Fuss Dicke und sind fast horizontal. Sie sind sehr zerspalten und zerrissen und einige haben eine deutliche säulen-

Bei späteren Untersuchungen, durch die amerikanische Expedition im December 1840 und im Januar 1841, sah man die Lava auf merkwürdige Weise steigen und fallen, unabhängig von geringeren Oscillationen. Einmal hatte Dr. Judd gerade noch Zeit, vor einem plötzlichen Steigen und Ueberfliessen aus einem der geschmolzenen Pfühle zu entrinnen, welcher eine Masse von flüssiger Lava entleerte, nicht nur über die Stelle, wo er unmittelbar vor diesem Ausbruch stand, sondern auch über eine Meile (engl.) weit und anderthalb Meilen lang. Capitän Wilkes schätzte später die ausgeworfene Lava auf 200,000,000 Cubikfuss. Am nächsten Morgen (17. Januar 1841) fand man, dass die geschmolzene Lava des Hauptsees sich ungefähr 100 Fuss gesenkt hatte.

Geht man von Kilauea nach Mokua-weo-weo, dem Krater auf dem Gipfel von Loa, mit einem Neigungswinkel, der im Durchschnitt nur 6° beträgt, so findet man einen vulkanischen Schlund von beinahe

---

förmige Structur. Offene Räume oder Höhlen und zackige Oeffnungen trennen oft die benachbarten Schichten und vermehren den zerrissenen Charakter der Oberfläche, machen aber die Schichtung zu gleicher Zeit mehr deutlich. Die schwarze Terrasse hat eine wechselnde Breite von 1000 — 3000 Fuss. Bei solcher Ausdehnung bildet sie keinen unwichtigen Zug in dem Krater. Der untere Krater ist von verticalen Mauern umgeben, welche dieselbe deutliche Schichtung wie die oberen haben, denen sie auch sonst ähnlich sind. Sie sind von zahlreichen Spalten durchschnitten, ein Beweis für die unsichere Basis, auf welcher sie ruhen." . . . Das südwestliche Ende bildete ein zum Theil isolirtes Becken, von einer ovalen Gestalt, und enthielt einen grossen kochenden See. „Der Rest des Kraterbodens war ein festes Lavafeld, mit Ausnahme von zwei kochenden Pfühlen, einen auf der westlichen Seite und einen anderen an der östlichen. S. 174.

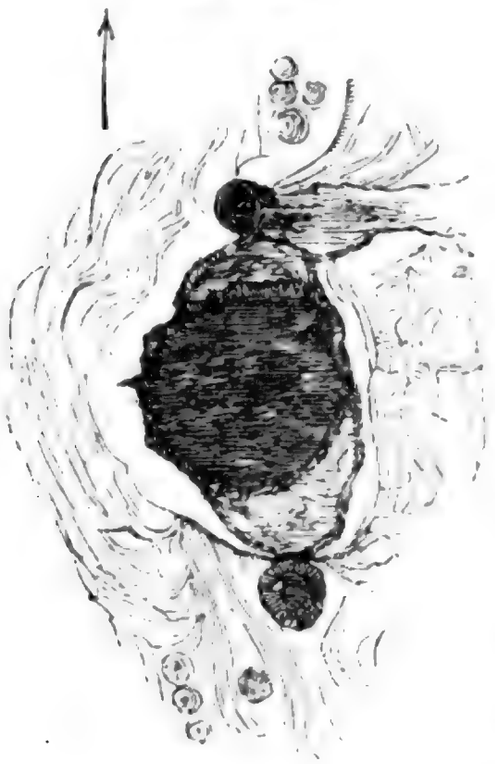
„Am Tage," erzählt Dana, „war die unaufhörliche Bewegung der blutrothen Pfühle wie ein Kessel in beständigem Kochen. Die Lava kochte mit solcher Kraft, dass ein rasches Spiel von Sprudeln auf der Oberfläche vor sich ging. Ein Pfuhl, der grösste von den drei thätigen, ergab bei einer Messung 1500 Fuss in einer Richtung und 1000 in einer anderen, und dieses ganze Areal kochte, von oben gesehen, fast mit der Beweglichkeit von Wasser." . . . „Beim Herabsteigen nach der schwarzen Terrasse wurde an dem Rande des unteren Kraters nur ein dumpfer Gurgelton aus den Lavapfühlen gehört. Bisweilen war ein Getöse wie Musketenfeuer, welches allmälig verhallte und denselben murmelnden Ton zurückliess, das erstickte Rauschen der kochenden Flüssigkeit. S. 171.

„Die dichten weissen Dämpfe stiegen zierlich aus manchen Theilen der schwarzen Lavaebene auf, und die Pfühle kochten ohne besondere Aufregung. Die über die kochende Oberfläche spielenden Sprudel spritzten zu einer Höhe von 30 — 36 Fuss und fielen wieder in die Pfühle oder auf ihre Ränder zurück. Bisweilen war das Kochen lebendiger, die Kessel kochten über, und glühende Ströme flossen nach entfernten Theilen des Kraters hinweg, beruhigten sich dann wieder und kochten wie früher mit dem gewöhnlichen dumpfen Gemurmel. So einfach und ruhig war die Thätigkeit von Loa Pele." S. 176.

Digitized by Google

demselben Charakter wie der vorhergehende. Die folgende Skizze (Fig. 129) ist die Reduction einer Zeichnung von Capitän Wilkes*).

Fig. 129.



Der tiefste Theil des Kraters ist beinahe rund und ungefähr 8000 Fuss im Durchmesser. Die Wände sind fast vertical, geschichtet wie die von Kilauea, 784 Fuss hoch auf der Westseite, 470 Fuss auf der Ostseite**). Ein Ausbruch dieses Kraters fand im Jahre 1843 statt, so dass der Mauna Loa immer noch thätig ist. Dana bemerkt als eine interessante Thatsache, dass dieser Ausbruch Kilauea nicht afficirte, obgleich dieser ein grosser Seitenkrater auf demselben vulkanischen Dome ist, 10,000 Fuss tiefer an seiner Seite hinab. Die Lavamasse scheint aus Spalten an der Spitze des Berges hervorgebrochen zu sein, und in einem Falle wurde ein unterirdischer Canal für einen Theil des geschmolzenen Gesteins bemerkt***).

---

*) *Narrative of the United States' Exploring Expedition, Vol. VI.*

**) Dana, in „*Geology of Exploring Expedition*," *p.* 206.

***) Dana citirt aus dem „*Missionary Herald*" *Vol. XXXIX*, *p.* 381 und *Vol. XL*, *p.* 44 eine Nachricht über diesen Ausbruch. „Der Missionär Coan erzählt: „Am Morgen des 10 Januar 1843 wurde vor Tagesanbruch ein kleines Feuer nahe an der Spitze des Mauna Loa entdeckt. Man fand bald, dass dies eine neue Eruption auf dem nordöstlichen Abhange des Berges war, in einer Höhe von 13,000 Fuss. Später brach die Lava an verschiedenen Stellen weiter den Berg herunter aus, floss von dort in der Richtung des Mauna Kea, und füllte das Thal zwischen den Bergen mit einem Feuermeer. Hier theilte sich der Strom, ein Theil floss gegen Waimea nördlich, und der andere östlich gegen Hilo. Ein anderer grosser Strom floss längs der Basis von Mauna Loa nach Hualalai in Kona. Während ungefähr vier Wochen dauerte diese Scene ohne Abnahme fort, jetzt nach sechs Wochen, ist die Thätigkeit sehr vermindert, obgleich sie immer noch an einigen Punkten längs der Ausbruchslinie heftig ist." Coan bestieg den Berg, kam über schlackige und glatte Lava und Strecken, die zuweilen noch dampften und heiss waren. „Bald," fährt er fort, „kamen wir an eine Oeffnung in der Schicht von 60 Fuss Länge und 30 Fuss Breite, durch welche wir blickten, und in der Tiefe von 50 Fuss sahen wir einen grossen Tunnel oder unterirdischen Canal, der mit glattem verglasten Gestein bekleidet war, und das Bett eines Feuerstromes bildete, welcher die steile Seite des Berges mit erstaunlicher Schnelligkeit hinabströmte. Als wir den Berg hinaufstiegen, fanden wir mehrere ähnliche

Digitized by Google

Nach allen Nachrichten hinsichtlich der vulkanischen Producte auf Hawaii ist der Ausbruch von Rapillen und Aschen verhältnissmässig selten. Indessen werden sie gelegentlich ausgeworfen, obgleich in zu kleinen Quantitäten, als dass sie die Lagerung der anderen und gewöhnlichen vulkanischen Producte, welche in einem geschmolzenen Zustande angehäuft wurden, wesentlich verändern könnten. Es wird erwähnt, dass während einer Eruption des Kilauea im Jahre 1789 eine grosse Menge von Aschen und Rapillen ausgeworfen wurde, welche die Luft verdunkelten und einige Leute von einer auf dem Marsch befindlichen Truppe tödteten, und Dana erwähnt, „dass einige Meilen südlich und südöstlich grosse Mengen von bimssteinähnlichen Schlacken mit Steinen und Sand in jener Zeit ausgeworfen worden sein sollen" *).

Oeffnungen in diesem Canal, durch welche wir Steine warfen; diese sanken nicht in der zähen Masse, sondern wurden augenblicklich aus unserem Gesichtskreise getragen. Kuppen, Rücken und Kegel wurden ebenfalls längs der Linie des Lavastroms aufgeworfen, und aus dem letzteren Dampf, Gase und heisse Steine ausgeschleudert. Um drei Uhr erreichten wir den Rand des grossen Kraters, wo der Ausbruch zuerst statthatte, nahe an der höchsten Stelle des Berges. Hier fanden wir zwei ungeheure Krater dicht bei einander, von gewaltiger Tiefe und in schrecklicher Thätigkeit."

Auf einige von Dana gestellte Fragen erwiderte Coan Folgendes: „Der Fallwinkel der Lava von der Spitze zu der nördlichen Basis von Mauna Loa beträgt 6°; aber es giebt manche Stellen an der Seite des Berges, wo die Neigung 10°, 15° oder 25° beträgt, und selbst auf diesen localen Abhängen von einer halben (engl.) bis zu zwei Meilen Ausdehnung floss die Lava in einem zusammenhängenden Strome hinab. Dies war nicht nur während des Fliessens von mehreren Wochen auf der Oberfläche der Fall, sondern auch bei jenem wunderbaren Strome in dem im *Missionary Herald* beschriebenen unterirdischen Canal. Es gab kein unübersteigliches Hinderniss in dem Wege des Fliessens von der Spitze des Mauna Loa bis zur Basis des Mauna Kea, eine Entfernung von 25 oder 30 Meilen. Der Strom traf bisweilen Höcker oder Hügel, welche seinen Lauf eine Zeitlang änderten, oder um welche er in zwei Canälen floss, und sich wieder an der unteren Seite des Hindernisses vereinigte und dergestalt eine Insel in dem feurigen Strome umgab und zurückliess. Schluchten, Höhlen, Thäler und Einsenkungen wurden von der Lava bei ihrem Fliessen den Berg hinab und zwischen den beiden Bergen ausgefüllt. Zum Schluss will ich bemerken, dass der Strom länger als 25 Meilen zusammenhing mit einer durchschnittlichen Breite von 1½ Meilen, und dass er eine Ebene hinabfloss, deren Neigung zwischen 1° — 25° wechselte." Dana in „*Geology of the United States' Exploring Expedition*" p. 210.

*) Dana l c. p. 181 citirt aus einer „Geschichte der Sandwichs-Inseln" von Dibble in Lahainaluna (Insel Maui) 1843, eine mündliche Ueberlieferung von denen, welche in der Truppe waren, die durch die damalige Eruption zum Theil umkam. Eine grosse Menge Asche und Sand soll auf eine bedeutende Höhe ausgeworfen und in einem zerstörenden Schauer viele Meilen umher gefallen sein. Einige Leute scheinen durch diese Aschen- und Rapillenschauer, andere durch die Exhalationen von heissem Dampf oder Gas umgekommen zu sein.

Digitized by Google

Ein Emporheben flüssiger Lava in den Kratern und ein Zerreissen der festen Gesteine um dieselben oder weiter herunter an den Seiten der grossen vulkanischen Kuppen, durch welche das geschmolzene Gestein austritt, scheint die charakteristische Thätigkeit der hawaiischen Vulkane zu sein. Dana hat diese Ausbruchart, welche er die ruhige nennt, sehr gut beschrieben. Bezüglich Kilauea bemerkt er, „dass die kochenden Kessel des unteren Kraterbodens allmälig diesen unteren Theil des Kraters durch ihr Ueberfliessen ausfüllten, indem jeder Strom sich abkühlte und ihm dann in wenigen Stunden oder Tagen andere Ausflüsse in verschiedenen Theilen des grossen Areals folgten, bis der Boden so hoch als die schwarze Terrasse wurde“... „Die schwarze Terrasse wird endlich überschwemmt und die Anhäufung erreicht das Maximum, welches die Seiten des Berges ertragen können.“ Der Druck nimmt zu und das geschmolzene Gestein bahnt sich neue Wege. „Manchmal ist an der Seite der Insel, wo der Austritt stattfindet, das erste Zeichen der Eruption das Näherrücken der fliessenden Lava. Wir wollen damit nicht sagen, dass das Land gegen Erdbeben gesichert ist, denn leichte Stösse finden nicht selten statt, und sind während einer Eruption von beträchtlicher Stärke gewesen. Aber Erdbeben sind auf Kilauea keine nothwendigen Begleiter eines Ausbruchs. Es findet nur ein einfaches Bersten oder Zerreissen des Berges durch den Druck und die zersprengende Kraft der Dämpfe statt, und in Folge davon entleert sich der auf diese Weise geformte Berg“ *).

Die Art des Zerreissens wurde während der Eruption von Kilauea im Juni 1840 beobachtet. Im Anfang sind die Spalten klein. Die, durch welche die geschmolzene Lava strömte, bildeten Reihen mit Unterbrechungen. Auf den letzten zwölf (engl.) Meilen fanden sich mehrere Risse, wo zwei oder drei an einigen Stellen fast parallel liefen. Die aus diesen verschiedenen Spalten herrührende Lavamasse erreichte das Meer, und indem sie mit diesem in Contact kam, zerstob sie wie geschmolzenes, in Wasser gegossenes Glas. Im Meere floss sie noch drei Wochen lang und das Wasser war so erhitzt, dass die Ufer auf eine Entfernung von 20 (engl.) Meilen mit todten Fischen bestreut waren. Die Dicke der Lava betrug 10 — 12 Fuss, an einigen Orten nur 6 Fuss. Das von ihr bedeckte Areal wurde auf ungefähr 15 (engl.) Quadratmeilen geschätzt. Der untere Krater von Kilauea, der nach einer Schätzung 15,400,000,000 Cubikfuss geschmolzener Masse enthielt, wurde durch das Ausfliessen der Lava durch die Spalten entleert **).

---

*) *Geology of the United States' Exploring Expedition*, p. 195.

**) Dana hält dies für die beste Schätzung der während dieser Eruption entleerten Lavamasse. Nach der Schätzung der Masse auf der Oberfläche betrug die Menge nur 5,000,000,000 Cubikfuss.

Digitized by Google

Die Laven von Hawaii scheinen nach der Art, in welcher sie vorkommen, gewöhnlich sehr flüssig gewesen zu sein. Dass sie auch jetzt so in Kilauea sind, wird allgemein zugegeben. Die Bildung des haarförmigen vulkanischen Glases, das in Hawaii als Pele's Haar bekannt ist*), liefert ein interessantes Beispiel von dieser Flüssigkeit. Dana, der seine Bildung an einem Kessel der geschmolzenen Lava beobachtete, bemerkt, „dass es die Oberfläche unter dem Winde dicht überdeckte und dort wie gemähtes Gras lag, mit parallelen Fäden, deren Spitzen von dem Kessel hinweg deuteten. Als er die Operation einen Augenblick beobachtete, fand er, dass es sich durch die Sprudel von flüssiger Lava bildete, die durch den Process des Aufkochens aufgeworfen wurden. Die Luftströme, die über diese Sprudel wehten, nahmen kleine Spitzen mit sich und zogen eine Glasfaser aus, wie sie bei Glasarbeiten gebildet wird. Die zarte Faser schwankte fort, bis das schwerere Ende sie herabbrachte, und dann führte der Wind das leichtere haarförmige Ende hinüber. Jede Faser**) war gewöhnlich mit der kleinen Kugel beschwert, welche von dem Lavasprudel durch die Winde fortgetragen wurde."

Beim Fortschritt des Lavaausbruchs von Kilauea im Juni 1840 schloss das geschmolzene Gestein, als es in die Wälder kam, nicht nur Stämme von einzelnen Bäumen ein, und liess durch die gänzliche oder theilweise Zerstörung des Holzes cylindrische Höhlen zurück, sondern es blieb auch bisweilen an den Zweigen hängen und fiel von diesen in der Gestalt von Stalaktiten herab. In diesem letzteren Fall soll die Hitze kaum die Rinde gesengt haben, obgleich die Zweige von dem geschmolzenen Gestein umfasst wurden. Sollte der Zweig viel Wasser enthalten haben, so können wir annehmen, dass bei grosser Hitze und Flüssigkeit der Lava, der Dampf von der Rinde auf so lange die wirkliche Berührung mit ihr verhinderte, als der Lavastrom in einer Höhe ging, bei welcher die Zweige in ihm sich fangen konnten***).

---

*) Pele ist die Göttin des Vulkans.

**) L. c. p. 179.

***) Die Beobachtungen von Dana über die Wirkungen dieses Lavastromes innerhalb Waldungen sind in mancher Beziehung von grossem Interesse. „Die Waldinselchen in der Mitte des Stromes waren 1 — 100 Morgen gross, die Bäume standen und lebten bisweilen noch. Capitän Wilkes beschreibt ein Bambusgebüsch, welches die Lava getheilt und umgeben hatte, doch lebten noch manche Stämme, und ein Theil des Laubwerkes war unverletzt. Nahe an dem unteren Theile der Fluth waren die Wälder auf jeder Seite auf einer Breite von einer halben (engl.) Meile zerstört und mit dem vulkanischen Sande beladen, aber in den oberen Theilen fand Pickering die Linie der todten Bäume nur 20 Fuss breit. Die Lava floss bisweilen um die Baumstümpfe, und da der Baum allmälig verzehrt wurde, liess er ein cylindrisches Loch zurück, das bisweilen zwei Fuss im Durchmesser hatte, und entweder leer oder mit Holzkohle gefüllt war.

Als die Lava plötzlich von dieser Höhe herabfiel, durch Erniedrigung des Niveaus des vorbeifliessenden flüssigen Stromes, und, wie die stalaktitische Form von ihren herabhängenden Theilen zeigt, durch die eben so plötzliche Einwirkung der Atmosphäre, bewahrte die schnelle Abkühlung die anhängenden und herabhängenden Theile, so dass wenig Hitze auf die Zweige wirkte. Der Fall war verschieden, wo die erhitzte Lava fortfuhr, die unteren Theile der Bäume zu umgeben. Welches auch die Feuchtigkeit gewesen sein mag, die die unmittelbare Berührung verhinderte, so kam bei fortdauernder Abkühlung eine Zeit für das Sengen wenn nicht wirkliche Berührung der umschlossenen Stämme.

Obgleich Cotopaxi und die Vulkane von Hawaii uns die nützlichsten Aufschlüsse über die verschiedenen Modificationen vulkanischer Thätigkeit geben können und auf Verschiedenheiten in derselben hinweisen, die bei der Ergründung ihrer wahrscheinlichen Ursache von keiner geringen Wichtigkeit sind, so sind dieselben uns doch erst seit so kurzer Zeit bekannt, dass wir beim Studium der Veränderungen, welche in Vulkanen stattgefunden haben können, auf vulkanische Länder blicken müssen, deren Geschichte einige Jahrhunderte zurückreicht. Glücklicher Weise haben die Vulkane Italiens schon sehr lange die menschliche Aufmerksamkeit beschäftigt. Der Vesuv liefert ein treffliches Beispiel von einem Vulkan, der nach einer langen Ruhe fast vor 1800 Jahren ziemlich plötzlich wieder in Thätigkeit gerieth, und mit Zwischenräumen von verschiedener Länge seit jener Zeit immer in diesem Zustande geblieben ist. Nach einer eine lange Zeit hindurch ununterbrochenen Ruhe wurden plötzlich am 24. August des Jahres 79 nach mehrtägigem Erdbeben Aschen und Rapillen mit Heftigkeit ausgeschleudert, die ohne Zweifel einen Theil der alten vulkanischen Ablagerungen bildeten. So gross war ihre Menge, dass drei Städte, Stabiä, Pompeji und Herculanum, von ihnen überschüttet wurden. Wir dürfen annehmen, dass auch Lavaströme aus dem Vulkan bei diesem Ausbruch, einem der grössten des Vesuvs, ausflossen. Es folgte darauf ein Zustand der Ruhe, oder wenigstens nur kleiner Bewegungen, die keine Aufmerksamkeit erregten, während 134 Jahren, wo eine andere Eruption statthatte, auf die eine ähnliche Zeit der Ruhe während 269 Jahren folgte. Dann kam ein beträchtlicher Ausbruch, der einen Theil von Europa mit

---

Nach dem Rande des Stromes waren diese Stumpfhöhlen unzählig, und manchmal lag der gefallene Gipfel dabei, todt, aber nicht verbrannt. Pickering bemerkte auch, dass einige Schmarotzerpflanzen wieder auf diesen todten Bäumen sprossten.“ Dann wird das Herabhängen der Lava von den Zweigen der Bäume in stalaktitischen Gestalten erwähnt, und bemerkt, „dass die Hitze kaum die Rinde gesengt hatte, obgleich die Lava so flüssig war, dass sie von dem Strome fortgestossen wurde.“ *Geology of the United States' Exploring Expedition*, p. 191.

Digitized by Google

Asche bedeckte. Es fanden dann Zwischenräume zwischen den Eruptionen statt, über die wir geschichtliche Nachrichten haben, von 40, 173, 308, 43*), 13, 89, 1, 167, 194, 131, 29, 22, 12, 8 und 1 Jahren, bis zum Jahre 1698. Von dieser Zeit an bis jetzt sind die Zwischenräume der Ruhe weniger lange, obgleich die Ausbrüche vielleicht an Heftigkeit abgenommen haben; denn die längste Pause seit jener Zeit war von 1737 bis 1751, und es werden nicht weniger als achtzehn bestimmte Eruptionen während wenig mehr als einem Jahrhundert aufgeführt, von denen mehrere mit Unterbrechung während vier oder fünf Jahren anhielten.

Selbst angenommen, dass die früheren aufgezeichneten Ausbrüche des Vesuvs nur eine Annäherung an die wahre Zahl geben und einige ausgelassen sind, die man jetzt bemerken würde, so deutet doch die Unregelmässigkeit der Zwischenräume zwischen bedeutender Thätigkeit auf die Unbeständigkeit in den letzten Bedingungen, von denen eine ausgezeichnete Eruption abhängt. Zu gleicher Zeit leitet auch die verschiedene Intensität der Eruptionen selbst zu demselben Schluss. Der Krater des Vesuvs, welcher die jetzt unter dem Namen der *Atrio del Cavallo* bekannte Einsenkung einnahm, von dem der jetzige Monte Somma einen Theil des alten Walls bildet, war nicht nur vor dem grossen Ausbruche des Jahres 79 so ruhig, dass er mit Vegetation bedeckt war, sondern auch zwischen den Eruptionen von 1500 und 1631 war der Krater jener Periode mit Pflanzenwuchs bedeckt**), wie dies in früherer Zeit zwischen anderen langen Intervallen der Ruhe der Fall gewesen sein mag, welche auf die grosse Eruption von 79 folgten.

Auch der Aetna ist wichtig durch die Länge der Zeit, während der seine Ausbrüche verzeichnet wurden***). Nach Untersuchungen über die früheren Ausbrüche dieses Vulkanes scheint das Jahr 480 vor unserer Zeitrechnung dasjenige gewesen zu sein, bis zu welchem ein bedeutender Ausbruch während der historischen Zeiten verfolgt werden kann. Dies giebt uns eine Zeit von 2330 Jahren für eine Aufzählung, wenn nicht von allen, doch wenigstens einer beträchtlichen Zahl

---

*) Ein grosser Ausbruch im Jahre 1036, während dessen viel Lava sowohl aus dem Krater wie aus den Seiten ausfloss.

**) „Zwischen dem Ausbruche von 1500 und 1631 bot der Berg den Anblick eines erloschenen Vulkans, das Innere des Kraters war nach Braccini im Jahre 1611 mit Sträuchern und üppigem Pflanzenwuchs bedeckt, das Atrio del Cavallo mit Holz bewachsen und wilde Thiere beherbergend, während in einem anderen Theile sich drei Pfühle befanden, zwei von heissem und einer von kaltem Wasser und zwei von diesen mit bitteren Salzen imprägnirt.“ Daubeny „*Description of Volcanos*“ p. 235

***) Ein Verzeichniss der Ausbrüche des Aetna und Vesuv giebt von Hoff in der „Geschichte der Veränderungen der Erdoberfläche“.

Digitized by Google

der Haupteruptionen dieses Vulkans, bei welchem indessen die geologischen Beweise der Thätigkeit weit über diese verhältnissmässig beschränkte Zeit hinausreichen. Nimmt man die früheren historischen Nachrichten nach dem Werthe, den sie besitzen, mit Einschluss des von 480 v. Chr., so giebt es bedeutende Eruptionen zwischen diesem Datum und dem Anfange der christlichen Zeitrechnung. Mit Ausnahme eines Zeitraums zwischen 396 v. Chr. und 140 v. Chr. (256 Jahre) finden sich die verzeichneten Ausbrüche in Zwischenräumen von 53, 31*), 5, 10, 3, 66, 12 und 8 Jahren. Sie stimmen deshalb in Häufigkeit mit denen, die zwischen dem Jahre 1284 und der jetzigen Zeit aufgezeichnet sind**). Vom Jahre 40 unserer Zeitrechnung bis 1169 scheint man den Ausbrüchen dieses Vulkans keine grosse Aufmerksamkeit geschenkt zu haben. Wenn wir annehmen, dass dieser Zeitraum nicht ruhiger gewesen ist, als der, welcher voranging und darauf folgte, so scheint der Aetna während wenigstens 2330 Jahren ein thätiger Vulkan gewesen zu sein.

Auch die Vulkane von Island kennt man während eines langen historischen Zeitraumes mehr oder weniger in Thätigkeit. Von den bekannten bemerkenswerthen Ausbrüchen des Hekla kennt man 23, während der Jahre 1004 bis 1845***). Diese waren verschieden in Intensität und in Länge der Zwischenräume der Ruhe zwischen ihnen. Der Ausbruch von 1845 lieferte eine grosse Menge Rapillen und Asche und die letztere wurde durch die Bewegungen der Atmosphäre auf

---

*) Hinsichtlich dieses Ausbruchs von 396 v. Chr. erwähnt Daubeny (*History of Volcanos* p. 283), dass man den Lavastrom, welcher damals den Marsch der carthageniensischen Armee gegen Syrakus aufhielt, an dem östlichen Abhange des Berges bei Giarre sieht, und dass er sich in mehr als einer halben deutschen Meile Breite und in einer Länge von sechs Meilen von der Spitze bis zu seiner Endigung im Meere erstreckt. Die fragliche Stelle heisst *Bosco di Aci*; sie enthält viele grosse Bäume und besitzt zum Theil eine Humusdecke, und man sieht, dass dieser Strom Laven von älterem Datum bedeckt, welche an dem Orte vorhanden waren.

**) Von 1284 waren die Intervalle der Ruhe in 45, 4, 75, 33, 1, 1 und 82 Jahren. Dann folgen kleinere Eruptionen während 58 Jahren (von 1566 bis 1624) und nachher Zwischenräume von 9, 11, 9, 15, 13, 6, 1, 5, 8, 21, 12, 12, 8, 4, 4, 3, 14, 1, 6, 5, 6, 1, 1, 2, 7, 2, 8, 12, 1, 10 und 10 Jahren (im Sept. 1852).

***) Am 2ten September 1845, am Tage des Ausbruchs des Hekla, wurde ein dänisches Schiff nahe an den Orkney-Inseln, eine Entfernung von ungefähr 125 deutschen Meilen, von dem Vulkane mit Asche bedeckt. Nach Forchhammer (Poggend. Annalen LXVI. 1845) wurden die Rapillen und Aschen aus drei Kratern am Südwestabhange des Hekla, und die Lava aus einem vierten, etwas unterhalb dieser, ausgeworfen. Die Eruptionen dauerten noch am 12ten des folgenden Monats, wo die Lava noch floss. Obgleich Zwischenräume der Ruhe waren, hörte die Eruption erst im Anfang des März 1846 auf.

Digitized by Google

grosse Entfernungen geführt. Der Kattlagiau-Jökull hat sieben Eruptionen seit dem Jahre 900 gehabt. Während deshalb diese Vulkane 845 und 950 Jahre lang in Zwischenräumen geschmolzenes Gestein, Rapillen und Asche ausgeworfen haben, haben auch Ausbrüche aus anderen Mündungen des grossen vulkanischen Heerdes von Island stattgefunden, wie vom Krabla, von dem es während der letzten 125 Jahre vier Ausbrüche giebt Ein anderer grosser Vulkan, der Skaptar-Jökull, der früher, so weit die historischen Nachrichten des Landes reichen, unthätig war, wurde plötzlich thätig im Jahre 1783. Während dieses Ausbruchs, dem Erdbeben in ganz Island und Ausbrüche vulkanischer Massen in dem benachbarten Meere vorangingen, wurden, nach Mackenzie, beträchtliche Lavamassen ausgeworfen und zwar von drei verschiedenen Stellen, ungefähr 8 oder 9 engl. Meilen von einander auf den unteren Gehängen des Berges, und breiteten sich an einigen Stellen einige Meilen weit aus. Es wurde eine solche Menge von Aschen und Rapillen ausgeworfen, dass die ganze Insel von ihnen bedeckt war, und die Aschen durch den Wind selbst bis Holland getragen wurden. Von den 20 vulkanischen Mündungen, welche während der 950 Jahre, seit denen Island colonisirt war, Laven, Aschen oder Rapillen ausgeworfen haben, haben elf nur eine Eruption gehabt, und unter diesen fanden sich nur vier während des letzten Jahrhunderts, während von den übrigen neun, Myrdalls-Jökull, Skaptar-Jökull, Sandfells-Jökull, Skeidarar-Jökull, Reykianes, Hekla und Krabla allein jetzt thätig zu sein scheinen; Trölladyngia hatte keine Eruption seit 1510; Oröfa-Jökull keine seit 1362, und andere sind während einer beinahe gleichen Zeit in einem Zustande der Ruhe gewesen*).

Während der Vesuv, der Aetna und die Vulkane von Island deshalb Beispiele von abwechselnden, aber unregelmässigen Zwischenräumen von Ruhe und Thätigkeit darbieten, und die Ausbrüche selbst in Intensität verschieden sind, bei den beiden ersteren während eines Zeitraumes von mehr als 2000 Jahren, und der letztere nahe an 1000 Jahre**), ist Stromboli, eine vulkanische Insel im Meere zwischen Neapel und Sicilien, während mehr als 2000 Jahren durch seine Thätigkeit ausgezeichnet gewesen. Die Thätigkeit dieses Vulkanes, welche von vorchristlichen Schriftstellern in Ausdrücken beschrieben wird, die ganz auf seinen jetzigen Zustand passen, hat nie aufgehört. In dem Krater findet ein beständiges Kochen der geschmolzenen Masse statt, in regelmässigen Zwischenräumen entsteht eine lautere Explosion mit Austritt von Dampf und Auswurf von Lavablöcken zu einer beträchtlichen Höhe.

*) Siehe Daubeny „*Description of Active and Extinct Volcanos*“, deutsch von G. Leonhard.

**) Der Vulkan von Eldborgarhraun soll einen Ausbruch im Jahre 850 gehabt haben.

Digitized by Google

Aus der kleineren und untersten von diesen drei Oeffnungen in dem Krater fliesst beständig ein Lavastrom gleich einer perennirenden Quelle, nach dem Meere zu, das er indessen niemals zu erreichen scheint, indem er vorher fest wird. Nur einige Theile der festgewordenen Masse lösen sich beständig los und rollen ins Meer hinab.

Alte und neue Aufzeichnungen bieten deshalb dem Beobachter nicht nur den nöthigen Nachweis über intermittirende und anhaltende vulkanische Thätigkeit während 2000 Jahren und länger, und über den Ausbruch von Lava, Aschen und Rapillen aus Oeffnungen, die früher, so weit menschliche Kenntniss und Tradition reichte, unthätig gewesen waren, sondern auch über das Aufhören derselben Thätigkeit während einer so langen Periode, dass diese Art von vulkanischen Mündungen eine Art von Uebergang von den thätigen Vulkanen zu den sogenannten erloschenen darbieten. Der letzte Lavastrom, den der Monte Rotaro auf Ischia lieferte, ist der vom Jahre 1302. Die einzigen Spuren vulkanischer Thätigkeit, die jetzt in dieser Insel vorkommen, sind ihre warmen Quellen. Es haben deshalb keine Ausbrüche von geschmolzenem Gestein, Aschen und Rapillen aus dieser alten vulkanischen Mündung während fünf und einem halben Jahrhundert stattgefunden. Es ist nach alten Urkunden und nach der jetzigen Beschaffenheit nicht unwahrscheinlich, dass an dem Vorgebirge Methana (früher Methone) an der Küste von Griechenland vulkanische Kräfte thätig waren und zur Zeit des Strabo noch nicht aufgehört hatten, obgleich seit dieser Zeit die vulkanische Mündung ruhig gewesen ist. Daubeny schliesst aus Livius und Julius Obsequens, das auch in den Albanerbergen die vulkanische Thätigkeit bis in die historischen Zeiten fortgedauert haben mag.

Der Ausbruch an dem Vorgebirge Methana scheint ein plötzlicher gewesen zu sein, indem ein beträchtlicher Hügel erhoben oder aufgeschüttet wurde, nach Art des Jorullo, welcher sich in der Hochebene von Mexico in ungefähr vier Monaten bis zu der Höhe von 1600 Fuss erhob, oder wie die noch schnellere Bildung des Monte Nuovo bei Neapel, welcher in ungefähr zwei Tagen eine Höhe von 440 Fuss und einen Umfang von $1^1/_2$ (engl.) Meilen erlangte. Diese plötzlichen Ausbrüche sind wichtig hinsichtlich der Ursachen vulkanischer Thätigkeit, besonders wenn kein Zeichen einer früheren vulkanischen Mündung sich darbot. Vor dem Monat Juni 1759 war das Areal, auf welchem jetzt der Jorullo steht, mit Indigo- und Zuckerplantagen bedeckt, und war von zwei Bächen begrenzt, dem Cuitimba und San Pedro. Im Juni fing ein von Erdbeben begleitetes unterirdisches Getöse an und dauerte sechzig bis siebenzig Tage. Im September schien Alles wieder ruhig zu sein, aber am 28sten und 29sten dieses Monats wiederholte sich das unterirdische Getöse, und es erhob sich, nach Humboldt, ein Areal von drei bis vier (engl.) Quadratmeilen wie eine Blase. Dieses Auf-

Digitized by Google

steigen war durch eine Erhebung von 39 Fuss um die Runde des so bewegten Bodens bezeichnet, die sich bis zur Höhe von 524 Fuss nach dem Mittelpunkte des jetzigen vulkanischen Districtes fortsetzte. Die nachfolgende Eruption war sehr heftig, Gesteinsstücke wurden bis zu einer grossen Höhe, Aschen und Rapillen in Masse ausgeworfen und der Lichtschein war auf eine beträchtliche Entfernung sichtbar. Der Cuitimba und San Pedro ergossen sich in den neuen vulkanischen Krater. Tausende von kleinen Kegeln, von 6 — 10 Fuss Höhe, von den Eingebornen Hornitos (Ofen) genannt, erhoben sich von den Malpays. Jeder kleine Kegel war eine Fumarole, von der ein dicker Dampf bis zu einer Höhe von 22 bis 32 Fuss stieg. Bei manchen von diesen hörte man ein unterirdisches Getöse, welches die Nähe einer kochenden Flüssigkeit anzukündigen schien. Sechs vulkanische Massen zwischen 300 bis 1600 Fuss Höhe wurden in der Nähe dieser Kegel aufgeworfen, und zwar aus einer Spalte, welche eine Richtung von N.-N.-O. nach S.-S.-W. hatte. Aus der nördlichen Seite des grössten, des Jorullo, wurde eine beträchtliche Masse von Lava ausgeworfen, die Bruchstücke von anderem Gestein enthielt. Die grossen Eruptionen endigten im Februar 1760.

Die ersten Anzeigen der Bildung des Monte Nuovo bei Neapel bemerkte man am 28sten September 1538, als nach dem Berichte von Augenzeugen*) der Meeresboden bei Puzzuoli auf viertausend Fuss trocken wurde, und Fische zurückliess, die in Wagen fortgeführt wurden. Um acht Uhr am nächsten Morgen sank der Boden, wo später die vulkanische Mündung erschien, ungefähr dreizehn Fuss. Um Mittag begann die Erde anzuschwellen und wurde so hoch wie der Monte Rossi, und aus der gebildeten Mündung wurden Flammen, Steine und Aschen ausgeworfen, so dass der Hügel endlich seine jetzige Gestalt annahm. Siebenzig (engl.) Meilen um den Vulkan war das Land mit Asche bedeckt, die Vögel, Hasen und kleinere Thiere tödtete und Bäume zusammenbrach. Monte Nuovo ist 439 engl. Fuss hoch und hat einen Krater in seiner Mitte, der 420 Fuss tief ist. Auf seinem Boden ist eine Höhle, in der Forbes eine Quelle fand, die eine Temperatur von 66,8 C. hatte.

Diese Beispiele von plötzlicher Bildung vulkanischer Mündungen auf dem festen Lande, die gewiss in Betracht der mangelhaften Beobachtung und Aufzeichnung während der letzten 1000 Jahre noch weit zahlreicher waren, beweisen uns, dass auch eine Entstehung von Vulkanen im Meere auf oder in der Nähe von vulkanischen Inseln und Zonen stattfinden muss. In der Atmosphäre bewahren sie ihre Gestalt,

---

*) Francesco del Nero. Eine Uebersetzung seines Briefes an Nicolo del Benino von Neapel siehe Leonhard's Jahrbuch für Mineralogie 1846.

Digitized by Google

wie sie uns der Jorullo und Monte Nuovo bieten; bei der Erhebung über das Niveau des Meeres hängt, wie bereits früher bemerkt, die Stabilität dieser Theile von der Widerstandsfähigkeit der vulkanischen Masse gegen die Thätigkeit der Brandung und dann der Windwogen ab, wo die erstere sie bis zu der gehörigen Tiefe abgetragen hat. Die vulkanischen Ausbrüche dieser Art zwischen Pantellaria und Sicilien, an der Küste von Island und in der Nähe der Azoren sind bereits erwähnt worden. Hierher gehören auch die Ausbrüche von Schlamm, Rauch und Flammen, die, nach Strabo, durch das Meer in der Nähe der Liparischen Inseln aufstiegen und auch die Flammen, die daselbst im Meere während des Bürgerkrieges, nach Plinius, erschienen.

Vulkanische Ablagerungen scheinen bisweilen auf beträchtlichen Höhlungen zu ruhen und auch grosse Höhlungen zwischen sich vertheilt zu haben, und wenn die sie bedeckenden und umgebenden Theile unfähig sind, dem Drucke des aufliegenden Gewichts zu widerstehen, selbst in den ruhigen Zeiten eines Vulkans, oder wenn sie während Eruptionen durchbrochen werden, so fällt die vulkanische Masse ein, oder das in den Höhlungen enthaltene Wasser wird ausgeworfen. Es giebt manche Beispiele von dem Einsturz vulkanischer Ablagerungen, wobei bisweilen Einsenkungen die Stelle von Erhöhungen einnehmen, aber von den bekannt gewordenen ist das Verschwinden des Papandeyang, eines Vulkans auf Java, im Jahre 1772 am merkwürdigsten. Papandeyang, früher einer der grössten Vulkane auf Java, lag auf dem südwestlichen Theile dieser Insel. Nach einem kurzen, aber heftigen Paroxysmus und um Mitternacht von dem 11ten auf den 12ten August hüllte eine leuchtende Wolke den Berg ein. Die Bewohner auf den Abhängen und am Fusse des Vulkanes flüchteten, aber ehe sie sich alle retten konnten, bewegte sich die ganze Masse und der grösste Theil fiel wirklich ein und verschwand in der Erde. Dies war von einem Getöse begleitet, wie heftiger Kanonendonner, und eine Menge vulkanischer Substanzen wurden ausgeworfen, die sich über das benachbarte Land verbreiteten. Das auf diese Weise verschlungene Areal wurde auf 5 deutsche Meilen in Länge und $1^1/_2$ Meilen Breite geschätzt. Vierzig Dörfer sollen theils von der Erde verschlungen, theils von den ausgeworfenen vulkanischen Substanzen zerstört worden sein und 2957 Menschen kamen um. Eine zur Untersuchung der Localität gesendete Commission fand die Hitze der Substanzen, die dort bis zu einer Höhe von drei Fuss aufgehäuft waren, so gross, dass sie sich der Stelle sechs Wochen nachher nicht nähern konnten.

Höhlen und vulkanische Ablagerungen können nicht nur zum Theil oder ganz mit Wasser gefüllt sein, der Verdichtung von Wasserdämpfen, die sie durchziehen, oder welche von dem Eindringen von Regen oder geschmolzenem Schnee auf der Oberfläche eines Vulkans herrühren, sondern das Wasser in ihnen kann auch von einer Temperatur und Be-

schaffenheit sein, dass Thiere darin existiren und sich vermehren können. Humboldt erzählt, dass, als in der Nacht des 19ten Juni 1698 die Spitze des 19,200 Fuss hohen Carguairazo einfiel, und zwei ungeheure Felsgipfel als einzige Ueberreste des Kraterwalls zurückblieben, flüssige Tuffmassen und thoniger Schlamm, *lodazales*, der todte Fische enthielt, sich verbreiteten und einen Raum von beinahe zwei Quadratmeilen unfruchtbar machten. Die Faulfieber, welche sieben Jahre früher in der Bergstadt Ibarra, nördlich von Guido, geherrscht hatten, wurden der Masse von todten Fischen zugeschrieben, die der Vulkan von Zembaburu ausgeworfen hatte. Nach Humboldt vermehren sich diese Fische (*Pimelodus cyclopum*) vorzugsweise in dem Dunkel von Höhlen; vielleicht hat auch die Temperatur des Wassers einen Einfluss. In Folge der Entleerung dieses in vulkanischen Höhlen eingeschlossenen Wassers wurden die Einwohner von Guido mit diesem kleinen Fisch bekannt, den sie *Prennadilla* hiessen.

Es lässt sich erwarten, dass das Wasser solcher Höhlen und inneren Räume nicht immer für die Existenz und die Vermehrung thierischen Lebens gemacht ist, wenn man berücksichtigt, unter wie verschiedenen Verhältnissen dasselbe sich finden kann. Als ein Beispiel der durch die Beimischung von gasigen vulkanischen Formationen zu solchem Wasser verursachten Wirkungen, erwähnen wir den Ausfluss von saurem Wasser, welches eine Eruption des javanischen Vulkans von Guntur oder Gunung Guntur im Jahre 1800 begleitete, wobei nicht nur Lavaströme ausflossen (was unter den javanischen Vulkanen ein seltner Umstand ist, da sie gewöhnlich nichts als Asche und Rapillen auswerfen), sondern auch ein saurer Bergstrom. Ein von diesem Vulkane kommender Fluss schwoll plötzlich an, beladen mit einer grossen Masse von weissem, saurem, schwefligem Schlamm. Am 8ten October dieses Jahres kam das Wasser das Thal heruntergestürzt, riss Alles mit sich, Leichname von Menschen und Thieren, und bedeckte die Oberfläche des Landes mit einer dicken Schlammdecke. Am 12ten kam eine noch grössere Schlammfluth das Thal herunter. Eine solche plötzliche Zunahme der Wassermenge scheint auf eine Entleerung aus ausgedehnten Höhlungen hinzudeuten, wo es eine Zeitlang eingeschlossen war und mit Schwefelsäure imprägnirt wurde, die von der Verbrennung von Schwefelwasserstoffgas herrührte.

Ohne unnöthiger Weise die Beispiele von Entleerung von beträchtlichen Wassermassen zu vermehren, die offenbar in vulkanischen Höhlungen eingeschlossen waren, mag erwähnt werden, dass im Jahre 1755 ein Wasservolumen plötzlich aus einer Höhle unterhalb des grossen Kraters des Aetna entleert wurde, und dass es, über den Schnee und die Seite des Berges stürzend, grosse Massen von Material mit sich führte. Während der grossen Eruption von 1631 entleerte der Vesuv Wasserströme; aber es ist nicht klar, ob sie aus Höhlungen innerhalb

Digitized by Google

der Ablagerungen kamen oder das Resultat von einer etwas plötzlichen Verdichtung grosser Massen aus dem Krater entleerter Wasserdämpfe waren. Sei dies, wie es wolle, so scheint die Ansammlung von Wasser innerhalb vulkanischer Höhlungen und in vulkanischen Ablagerungen die nothwendige Folge der Existenz solcher Höhlungen und der Verdichtung von Wasserdämpfen in ihnen, oder der Infiltration von Regen oder geschmolzenem Schnee. Diese Ausbrüche müssen sorgfältig von den Strömen unterschieden werden, welche von den Abhängen von Vulkanen herabkommen, die mehr oder weniger von Schnee bedeckt sind, entweder in den höheren nördlichen und südlichen Breiten, oder die sich über die Schneelinie in den gemässigten oder tropischen Ländern erheben. Der plötzlich geschmolzene Schnee auf dem Cotopaxi (Fig. 125) fliesst in den Rissen auf seiner Seite herunter, wie bei dem Ausbruch von 1803, wo in einer einzigen Nacht der Schnee von dem Kegel verschwand und die dadurch gebildeten Wasserströme Rapillen und Aschen in den Rio Napo und den Rio de los Alaques führten. Humboldt erwähnt, dass die hohen Vulkane der Anden auf diese Weise durch das plötzliche Schmelzen ihres Schnees rauchende Schlacken in die Niederungen führen und grosse Ueberschwemmungen hervorbringen. Aehnliche Wirkungen folgen nothwendig auf ähnliche Ursachen in den gemässigten Zonen. Wahrscheinlich sind indessen die Folgen eines plötzlichen Schmelzens von Schnee und Eis durch vulkanische Thätigkeit nirgends so gross als in den höheren Breiten, wo grosse Gletscher, die Steine tragen, aufbrechen und theils geschmolzen, theils in Stücken nach einem niederen Niveau gerissen werden. Was man von den auf diese Weise in Island hervorgerufenen Wirkungen weiss, zeigt, dass die so gebildeten und mit Eis gemischten Ströme von keiner geringen geologischen Wirkung sind. Obgleich unter gewöhnlichen Umständen so geringe Mineralmassen auf Victoria-Land im südlichen Polarmeer fortbewegt zu werden scheinen, so begreift sich leicht, dass während beträchtlicher Ausbrüche solcher Vulkane, wie der Erebus und Terror, eine grosse Hitze plötzlich den diese Berge bedeckenden Schnee schmelzen und grosse Wassermassen bilden kann, welche eine Zeitlang flüssig bleiben, um in die gewöhnlich zusammengehaltenen und oft auch auf dem mächtigen Schnee dieser Länder geschichteten Aschen und Schlacken einzuschneiden und dieselben fortzuführen.

Die Nothwendigkeit einer Kenntniss der mineralogischen und chemischen Beschaffenheit vulkanischer Producte ergiebt sich von selbst, mögen diese nun in der Form von Lavaströmen oder geschmolzenem Gestein auftreten, welches in Spalten aufgestiegen ist und dieselben mehr oder weniger ausgefüllt hat, oder als schlackige Substanzen von beträchtlicher Masse, oder als die unter dem Namen Bimsstein, Asche und Rapillen bekannten leichten Körper. Obgleich in Bezug auf diese Kenntniss besonders in den letzteren Jahren viel geschehen ist, da die

Digitized by Google

Entdeckungen der Chemie solche Untersuchungen wesentlich förderten, und obgleich von Zeit zu Zeit scheinbar richtige Schlussfolgerungen daraus gezogen wurden, so ist es doch klar, dass dem Beobachter vor einer allgemeinen Annahme derselben, wenn sie auch auf bestimmte Localitäten anwendbar sind, eine umfassende Gelegenheit zu Gebote stehen muss, durch sorgfältige Untersuchungen in verschiedenen Theilen der Welt unsere Kenntnisse in dieser Beziehung noch weiter auszudehnen.

Es wird oft unter übrigens gleichen Umständen von der Art der Abkühlung abhängen, ob die festen vulkanischen Gesteine krystallinisch, steinig oder glasig sind. Darum kann die chemische Zusammensetzung vulkanischer Gesteine, welche in einem geschmolzenen Zustande ausgeworfen wurden und geflossen sind, oft dieselbe sein, ungeachtet ihrer verschiedenen mineralogischen Beschaffenheit. Wenn die Lagerung der Theilchen, die gewisse krystallinische Mineralien zusammensetzen, durch die Abwesenheit der nöthigen Bedingungen verhindert wurde, wie durch eine plötzliche Abkühlung der Masse, so werden diese Theilchen in der Masse verbreitet bleiben.

Die festen vulkanischen Producte, die am meisten untersucht sind, werden in Gesteine eingetheilt, die man Trachyte und Dolerite heisst, und man hat angenommen, dass die Bildung der ersteren oft der der letzteren vorausging. Mineralien der Feldspathfamilie machen wesentliche Gemengtheile dieser Gesteine aus, treten aber mehr in die Zusammensetzung des Trachyts, wie in die des Dolerits ein. Beide Gesteine können als Silicate angesehen werden, und zwar hauptsächlich von Thonerde, Kalkerde, Magnesia, Kali und Natron. Trachyte in ihrer reinsten Gestalt sind zweifach saure Gemenge von Silicaten der Thonerde und der Alkalien mit einem Verhältniss des Sauerstoffs der Säure zu dem der Basen wie 3 : 0,596. Dies ist wenigstens, nach den überaus schätzbaren Untersuchungen von R. Bunsen*), mit den Gesteinen von Island der Fall, die er als normaltrachytische bezeichnet, und es scheint, als wenn dieses Verhältniss auch für die Trachyte aller anderen vulkanischen Länder gelte. Der Feldspath der Trachyte ist ein Orthoklas-Feldspath und zwar die mit dem Namen Sanidin oder glasiger Feldspath bezeichnete Varietät desselben, oder auch ein mehr natronhaltiger Albitfeldspath. Von anderen Mineralien finden sich darin noch Glimmer, Hornblende und Augit, zuweilen auch freie Kieselerde in der Form von Quarz. Bei den doleritischen Gesteinen dagegen ist das Verhältniss des Sauerstoffs der Säure zu dem der Basen, die gewöhnlich Thonerde, Kalk, Eisenoxydul, Magnesia, Kali und Natron sind, wie 3 : 1,998, und es sind dieselben

*) Poggendorff's Annalen LXXXIII. 197. S. Jahresbericht von Liebig und Kopp 1851. 847.

Digitized by Google

als Gemenge zweifach basischer Silicate zu betrachten. Auch dies ist ein Resultat, welches Bunsen aus seinen Untersuchungen der Gesteine Islands und anderer Orte gezogen hat, und zwar derer, die er, im Gegensatz zu den normaltrachytischen, normalpyroxenische Gesteine nennt. Die in ihnen auftretenden Mineralien sind nämlich neben dem Feldspath, der gewöhnlich Labradorfeldspath ist, Pyroxen (Augit). Als Mittel aus vielen Analysen, welche Bunsen angestellt, giebt er folgende Zusammensetzung für die normaltrachytischen A, und die Normalpyroxenischen oder doleritischen Gesteine, B.

	Kieselerde.	Thonerde.	Eisenoxydul.	Kalkerde.	Magnesia.	Kali.	Natron.	Summe.
A.	76,67	14,23		1,44	0,28	3,20	4,18	100,00
B	48,47	30,16		11,87	6,89	0,65	1,96	100,00

Dies ist, wie gesagt, nur ein Resultat, aus den Untersuchungen der Gesteine Islands gezogen, scheint aber auch für andere Länder zu gelten. Bunsen's Untersuchungen haben zu gleicher Zeit gezeigt, dass, während das Verhältniss der Kieselerde zu dem Kalk fast immer ein constantes ist, das Verhältniss der Thonerde zum Eisenoxydul bedeutenderen Schwankungen unterliegt. Dies hat, nach Bunsen, darin seinen Grund, dass die leichter festwerdenden Gemengtheile sich zuerst ausscheiden, ohne dass dabei die Krystallisationskraft etwas zu thun hätte. Darum findet man oft erhebliche Verschiedenheiten bei einem Gestein in kurzen Abständen. Aber die Summe der schwankenden Gemengtheile wechselt nur wenig.

In vulkanischen Ländern findet sich aber eine grosse Menge von Gesteinen, die nicht die erwähnte Normalzusammensetzung haben, sondern die zwischen den trachytischen und doleritischen stehen. Es sind dieses Mischungen von beiden und ihre Natur hängt von den Mischungsverhältnissen und den obgewaltet habenden physikalischen Bedingungen ab, wozu namentlich der Einfluss des Drucks gehört. Man kann sie trachytisch doleritische Gesteine nennen. Nach einer von Bunsen angegebenen Formel*) lässt sich die Zusammensetzung der möglichen

*) Bezeichnet man mit S die Procente der Kieselerde in einem solchen Mischgestein, mit s den Procentgehalt an Kieselerde in der normaltrachytischen und mit σ in der normalpyroxenischen Gesteinsmasse, so ist

$$\frac{s - S}{S - \sigma} = \alpha,$$

worin α die Menge der normalpyroxenischen Masse bedeutet, die mit einem Gewichtstheile der normaltrachytischen Masse gemischt werden muss, um

Digitized by Google

ursprünglich vulkanischen Gebirgsarten eines Landes berechnen, was derselbe für die isländischen und armenischen Gesteine durchgeführt hat, und mit diesen theoretischen Werthen stimmen auf das Genaueste sämmtliche von ihm angestellte Analysen, und auch die heutigen Laven Islands bestätigen dieses Bildungsgesetz, wenn auch nicht so ungetrübt, da dieselben ein in den Verhältnissen seiner Gemengtheile mehr schwankendes metamorphisches Gestein, den Palagonittuff, durchbrochen haben.

Es ist sehr nöthig, dass der Geognost sorgfältig die Art des Vorkommens dieser Gesteine in vulkanischen Districten untersucht, da es leicht begreiflich ist, dass, wenn eine allgemeine Folge von den trachytischen zu den doleritischen Gesteinen besteht, eine wichtige Veränderung hinsichtlich der Bedingungen stattgefunden hat, unter welchen die früheren und späteren Substanzen von den Vulkanen ausgeworfen wurden. Man muss den Gegenstand im Ganzen ins Auge fassen, und die Modificationen beachten, die durch die Beimischung von Gesteinen anderer Art hervorgerufen werden, durch welche sich die vulkanischen Producte vor ihrem Ausbruche bewegt haben.

Bei solchen Untersuchungen ist offenbar die chemische Zusammensetzung des Gesteins von Wichtigkeit, besonders wenn die erwähnten Mineralien schlecht entwickelt sind, oder ihre Bestandtheile sich nicht in einer bestimmten Anordnung sammeln konnten. Die Steingläser oder Obsidiane können sowohl zu der einen Classe als zu der anderen gehören, und ebenso gewisse Steinvarietäten, worin bestimmte Mineralien nicht wirklich entwickelt sind. Abich hat das verschiedene specifische Gewicht vulkanischer Gesteine als Hülfe zur Ermittelung der Kieselerdemenge in ihnen vorgeschlagen, eine Ansicht, mit der Daubeny übereinstimmt, indem er bemerkt, dass das specifische Gewicht des Minerals sich umgekehrt wie die Menge der Kieselerde und direct wie das der anderen Basen verhält, so dass eine Annäherung an die wirkliche chemische Zusammensetzung oft durch die blosse Bestimmung des specifischen Gewichts erhalten werden kann*).

Wenn man aus der Mineralstructur auf die chemische Zusammensetzung schliesst und annimmt, dass die Substanzen, die die Basis von gewissen bestimmten Formen bilden, constant sind, so hat der Beob-

---

die Zusammensetzung des Mischgesteins zu geben. Zur Berechnung von α nimmt Bunsen die leicht bestimmbare Kieselerde, und durch dessen Werth sind auch die übrigen Bestandtheile bestimmt. Nennt man das Gewicht der einzelnen Bestandtheile in einem Gewichtstheile des normalpyroxenischen Gesteins p_0, p_1 . . . p_n, und ebenso das Gewicht derselben Bestandtheile in der Einheit des normaltrachytischen Gesteins t_0, t_1 . . . t_n, so ergiebt sich der Werth aller übrigen Bestandtheile des Mischgesteins aus der Gleichung:

$$1 = \frac{(\alpha p_0 + t_0)}{\alpha + 1} + \frac{\alpha p_1 + t_1}{\alpha + 1} \ldots \frac{\alpha p_n + t_n}{\alpha + 1}.$$

*) Beispielsweise diene folgende Tabelle:

Digitized by Google

achter nicht nur die Mineralien selbst zu unterscheiden, sondern auch das gehörige Gewicht auf die Ersetzung mancher Substanzen durch andere ohne Formveränderung zu legen, so wie auf die Menge von Stoffen von verschiedener Art, welche bei Entstehung eines Minerals gleichsam mechanisch mit fortgerissen wurden, und seine Form anzunehmen gezwungen waren.

Sucht man nach Thatsachen zur Ermittelung der Verhältnisse, unter welchen die von den Vulkanen ausgeworfenen Stoffe ursprünglich gebildet oder späterhin modificirt worden sind, so ist die chemische Untersuchung nicht zu entbehren. Der Durchgang von Dämpfen und Gasen durch die Laven oder ihr Verweilen in denselben reicht oft hin, die wesentlichsten Umänderungen in ihnen hervorzubringen. Ebenso können nach der Abkühlung die Laven, beim Vorhandensein von Höhlungen von verschiedener Grösse in denselben, welche mit Substanzen erfüllt sind, die theils aus dem Gestein selbst, theils von aussen her stammen, nicht nur in ihrer Zusammensetzung verändert werden, sondern es können sich in denselben auch Mineralsubstanzen bilden, die verschieden von denen sind, welche sich aus dem geschmolzenen Gestein ursprünglich abgeschieden haben würden. Ferner können Laven durch Einwirkung atmosphärischer Einflüsse manche lösliche Substanzen verloren haben, die ursprünglich Bestandtheile von ihnen ausmachten. Man muss deshalb nicht geringe Sorgfalt bei der Auswahl von Stücken vulkanischer Gesteine anwenden, wenn diese die ursprüngliche Zusammensetzung derselben darstellen sollen.

Es sind die Mineralien der Feldspathfamilie, welche einen wesentlichen Bestandtheil der vulkanischen Gesteine wie überhaupt der eruptiven Gesteine ausmachen, und wir geben deshalb hier, nach Abich, in Folgendem eine tabellarische Uebersicht der chemischen Zusammensetzung und des specif. Gewichts der zu dieser Familie gehörigen Feldspatharten*).

	Specif. Gew.	Kieselerde in Proc.
Trachytporphyr	2,578	69,46
Trachyt	2,682	65,85
Domit	2,633	65,50
Andesit	2,703	64,45
Trachytdolerit	2,781	57,66
Dolerit	2,861	53,09

Da Phonolith, mit einem specifischen Gewichte von 2,577, welcher 57,66 Proc. Kieselerde enthält, und glasiger Andesit mit einem specifischen Gewicht von 2,585 und 66,55 Proc. Kieselerde nicht mit dieser Ansicht übereinstimmen, so wird bemerkt, dass zwar Phonolith chemisch einem Trachytdolerit gleicht, derselbe aber eine verschiedene mineralogische Zusammensetzung hat; denn er scheint eine Mischung eines zeolithischen Minerals mit einem glasigen Feldspath zu sein, und dies gilt wahrscheinlich auch von glasigem Andesit.

*) Abich über die Natur und die Zusammensetzung der vulkanischen Bildungen. Braunschweig.

Digitized by Google

Monoklinometrisches Krystallsystem.

Name.	Fundort.	Specif. Gewicht.	Kieselerde.	Thonerde.	Kalkerde.	Kali.	Natron.	Formel.
Orthoklas	Baveno	2,555	65,72	18,57	0,34	14,02	1,25	
Adular	St. Gotthardt	2,575	65,59	17,99	1,34	13,99	1,01	$RO, SiO_3 + R_2O_3, 3SiO_3$.
Glasiger Feldspath	Ischia	2,597	66,73	17,56	1,23	8,27	4,10	
Ryakolith	Monte Somma	2,618	50,31	29,44	1,07	5,92	10,56	$RO, SiO_3 + R_2O_3, SiO_3$.
Künstl. Feldspath	Sangerhausen	2,560	65,03	16,84	0,34	15,26	0,65	

Triklinometrisches Krystallsystem.

Albit	—	2,614	69,36	19,26	0,46	?	10,50	
Kali-Albit	Drachenfels	2,622	70,22	17,29	2,09	3,71	5,62	$RO, SiO_3 + R_2O_3, 3SiO_3$.
Periclin	Pantellaria	2,641	68,23	18,30	1,26	2,53	7,99	
Oligoklas	—	2,668	62,61	24,11	2,74	0,75	8,89	$RO, SiO_3 + R_2O_3, 2SiO_3$
Andesin	Popayan	2,733	59,60	24,28	5,77	1,08	6,53	$3RO,2SiO_3+3(R_2O_3,2SiO_3)$
Labrador	Aetna	2,714	53,48	26,46	9,49	0,22	4,40	$RO, SiO_3 + R_2O_3, SiO_3$.
Anorthit	Monte Somma	2,763	43,79	35,49	18,93	0,54	0,68	$3RO,SiO_3 + 3(R_2O_3, SiO_3)$.

Digitized by Google

Ebenso theilen wir die von demselben angestellten Analysen von einigen Trachyten und anderen vulkanischen Gesteinen mit:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Kieselerde	73,46	68,35	67,09	61,19	61,03	67,07	57,76	62,20	53,88	49,21
Thonerde	13,05	13,92	15,63	17,18	17,21	13,19	17,56	20,80	12,04	15,76
Eisenoxydul . . .	1,49	2,28	4,59	5,46	4,84	4,74	6,73	4,30	9,25	11,84
Manganoxydul .	Spur	—	—		0,17	0,32	0,82	—	—	—
Kalkerde	0,45	0,85	2,25	1,52	1,43	3,69	5,46	2,70	8,83	6,97
Magnesia	0,39	2,20	0,97	0,23	2,07	3,46	2,76	1,40	7,96	6,01
Kali	4,39	3,24	3,56	4,37	7,16	2,18	1,42	3,10	4,76	4,37
Natron	6,28	4,29	5,07	7,98	4,64	4,90	6,82	5,20		6,06

1. Porphyrartiger Trachyt mit Glimmer von Ponza. 2. Porphyrartiger Trachyt vom Monte Guadia auf Lipari. 3. Trachyt von Drachenfels. 4. Lava vom Monte Nuovo 5. Lava, genannt Arso, von Ischia. 7. Trachyt-Dolerit vom Pik von Teneriffa. 8. Rocca di Giannicolo, Val de Bove, Aetna. 9. Dolerit von Strombolino. 10. Lava vom Vesuv.

Dufrénoy*) analysirte die Laven des Vesuvs und des Monte Somma. Die letzteren unterscheiden sich von denen des Vesuvs dadurch, dass dieselben von Säuren beinahe nicht angegriffen werden, während die des Vesuvs zum grossen Theil darin löslich sind, und ferner darin, dass die Lava des Monte Somma eine grosse Menge Kali enthält, während in der des Vesuvs Natron vorherrscht.

*) *Parallèle entre les différents products volcaniques des environs de Naples, et rapport entre leur composition et les phénomènes que les ont produits; Mémoires pour servir à une Description Géologique de la France* t. IV. p. 381. Dufrénoy bemerkt, dass dieser Unterschied in der Zusammensetzung sich auch in den Mineralien findet, die den beiden Laven gemeinsam sind; der Augit des Monte Somma ist ein Eisenaugit, während der des Vesuvs ein Kalkaugit ist.

Digitized by Google

	1.	2.	3.	4.	5.
Kieselerde	53,10	50,55	49,10	50,98	48,02
Thonerde	16,58	20,30	22,28	22,04	17,50
Eisenoxydul	9,96	8,60	7,32	8,39	7,70
Kalkerde	3,34	5,20	3,88	5,94	0,24
Magnesia	1,16	1,21	2,92	1,23	9,84
Natron	9,46	8,42	9,04	8,12	2,40
Kali	2,23	2,52	3,06	3,54	12,74
Verlust	4,17	3,20	2,40	—	1,56

1. Lava von Palo. 2. Lava von 1834, unmittelbar unter dem Piano. 3. Lava von Ganatello. 4. Lava vom La Scala. 5 Monte Somma, Mittel von zwei Analysen.

Abich untersuchte auch Bimsstein, und wir entnehmen seinem oben angeführten Werke die folgenden Analysen:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Kieselerde	60,79	61,08	62,42	62,29	62,04	68,11	69,79	73,77	73,70
Kieselerde u. Titansäure	1,46	1,45	0,74	—	—	1,23	—	—	—
Thonerde	16,43	17,34	14,72	16,89	16,55	8,21	12,31	10,83	12,27
Eisenoxydul	4,20	7,77	6,84	4,15	4,43	8,23	4,66	1,80	2,31
Manganoxydul	0,23	0,62	0,18	Spur	—	Spur	—	—	—
Kalkerde	0,62	1,46	5,25	1,24	1,31	0,14	1,68	1,21	0,65
Magnesia	0,79	4,02	3,28	0,50	0,72	0,37	0,68	1,30	0,29
Kali	11,25	2,85	4,74	6,21	6,39	8,32	6,69	4,29	4,52
Natron	2,97	1,82	1,55	3,98	3,66	1,60	2,02	3,90	4,73

1. Bimsstein von Teneriffa. 2. Von der Insel Ferdinandea. 3. Vom Vulkan von Arequipa in Bolivia. 4. Von der Insel Ischia. 5. Von den Phlegräischen Feldern. 6. Von der Insel Pantellaria. 7. Von der Insel Santorino. 8. 9. Von Llactacunga.

Nach Silliman d. J. enthält die moderne Lava und das vulkanische Glas von Kilauea auf Hawaii nicht nur eine beträchtliche Menge Eisenoxydul, sondern auch Soda und kein Kali, und die Bestandtheile wechseln sehr in ihren verschiedenen Verhältnissen*).

*) Dana in „*Geology of the United States' Exploring Expedition*“ p. 200, wo folgende Analysen gegeben sind:

Digitized by Google

Olivin und Leucit sind häufig wesentliche Bestandtheile vulkanischer Gesteine. Der erstere ist ein Drittelsilicat der beiden isomorphen Basen Magnesia und Eisenoxydul, der letztere ein Zweidrittelsilicat der Thonerde und des Kalis. Wir erinnern noch daran, dass Augit ein Bisilicat von mehreren Basen (Kalkerde, Magnesia, Eisenoxydul, Manganoxydul) ist, der Labrador eine Verbindung von neutralem kieselsauren Natron und Kalkerde, mit drittelkieselsaurer Thonerde, wo sich Kalkerde, Natron, Kali, Magnesia, Thonerde und Eisenoxyd vertreten können; der Orthoklas oder Kalifeldspath eine Verbindung eines neutralen Thonerdesilicats mit einem neutralen Silicat des Kalis, der Albitfeldspath eine Verbindung eines neutralen Thonerdesilicats mit einem neutralen Silicate des Natrons ist.

Die hauptsächlichsten Bestandtheile, welche in die Zusammensetzung vulkanischer Gesteine eintreten, sind also die Silicate der Thonerde, des Eisenoxyduls, der Kalkerde, der Magnesia, des Kalis und des Natrons. Die Schmelzbarkeit der Mineralien in denselben ist verschieden und die Gesteine, von welchen der Augit (Kalkerdesilicat) einen Hauptbestandtheil ausmacht, werden durch die Hitze am leichtesten in einen flüssigen Zustand versetzt. Da der Labrador ebenfalls eine beträchtliche Menge von Kalksilicat enthält, und schmelzbarer als Orthoklas ist, und Augit und Labrador den Dolerit zusammensetzen,

	1.	2.	3.	4.
Kieselerde . . .	39,74	51,93	50,67	59,80
Thonerde . . .	10,55	14,07	—	—
Eisenoxydul . .	22,29	10,91	33,62	31,33
Kalkerde . . .	2,74	6,20	3,66	—
Magnesia . . .	2,40	1,73	1,13	1,71
Natron	21,62	6,31	10,52	4,83

1. Dunkles Pele's Haar (Obsidian). 2. Schlacken. 3. Dichte glasige Lava. 4. Dichte steinige Lava. 3. und 4. sind von demselben Stück. 3. bildet die Rinde von 4.

Eine von Dana mitgetheilte Analyse des Pele's Haar von Peabody kommt mit der obigen bezüglich ihres grossen Eisenoxydulsgehalts überein, unterscheidet sich aber durch einen Gehalt an Kali.

Kieselerde	50,00
Eisenoxydul	28,72
Kalkerde	7,40
Thonerde	6,16
Kali	6,00
Natron	2,00

Digitized by Google

so ist der letztere weit schmelzbarer als Trachyt, der hauptsächlich aus Orthoklasfeldspath besteht. Kalksilicat ist in der That ein charakteristischer Bestandtheil der Dolerite, während es sich in den Trachyten verhältnissmässig selten findet, d. h. in solchen, in welchen wahrer Orthoklasfeldspath (glasiger Feldspath) vorherrscht. An solchen Orten deshalb, wo die Trachyte bestimmt den Doleriten vorausgegangen sind, sind die schmelzbarsten auf die weniger schmelzbaren Producte gefolgt, eine Thatsache, die von keiner geringen geologischen Wichtigkeit ist.

In Bezug auf die Vertheilung gewisser Mineralien, wie Olivin und Leucit, durch die Masse eines vulkanischen Gesteins können dieselben, wenn sie einmal gebildet sind, zu verhältnissmässig unschmelzbaren Körpern in einer schmelzbarerern Masse werden. Deshalb kann durch eine gewisse Hitze der einhüllende Teig, wie z. B. eine doleritische Mischung, schmelzen, während diese Mineralien unschmelzbar bleiben, ihre Formen und übrigen Kennzeichen behalten, bis endlich die sie umgebende geschmolzene Masse mit ihrem bedeutenden Verhältniss an kieselsaurem Kalk, als Flussmittel, bei einer vielleicht höheren Temperatur auch auf dieselben wirkt. Es begreift sich deshalb leicht, wie ein Lavastrom ausfliessen kann, der Leucit und Olivin enthält, die von der abermaligen Schmelzung eines früher gebildeten vulkanischen Gesteins herrühren. Nach dem specifischen Gewichte der Dolerite (2,94 — 2,96) können Leucitkrystalle (specif. Gew. 2,4 — 2,5) leicht aufwärts getragen werden und sich nach den oberen Theilen des flüssigen Gesteins bewegen und mit einem Lavastrom ausgeworfen werden. Dies würde auch mit Olivin der Fall sein, dessen specifisches Gewicht (3,3 — 3,5) grösser als das der Dolerite ist, so dass, wenn die letzteren Olivin enthalten und abermals geschmolzen werden, dieses Mineral wegen seiner geringen Schmelzbarkeit und seines grösseren Gewichts, sinkt, wie irgend eine in einer Flüssigkeit mechanisch getragene Substanz, die leichter ist, wie sie selbst. Was den Augit betrifft, so können eingesprengte Krystalle, wegen ihrer leichten Schmelzbarkeit, alsbald schmelzen, obgleich ihr specif. Gew. 3,2 — 3,5 beträgt.

Da man angenommen hat, dass trachytische Gesteine aus Feldspathporphyr und granitischen Gesteinen von viel älterer Entstehung hervorgegangen sein können, so könnte die entweder theilweise oder vollständige Schmelzung dieser Gesteine von der Hitze abhängen, der dieselben ausgesetzt waren. Wie leicht schmelzbar auch die Kieselerde ist, wenn sie mit einigen anderen Substanzen gemischt ist, so ist sie doch, einmal abgeschieden, als Quarz, höchst unschmelzbar, selbst wenn sie von schmelzbaren Silicaten umgeben ist, wie man den Versuch leicht im Laboratorium machen und täglich an den Schlacken von grossen Hohöfen sehen kann. Die Feldspaththeile, welche in einigen granitischen und feldspathporphyrartigen Gesteinen Natron wie Kali enthalten, sind nicht schwierig zu schmelzen, wie man ebenfalls

Digitized by Google

durch den Versuch finden kann. Bei dem Glimmer hängt viel davon ab, ob es ein Kali-, Lithon- oder Magnesiaglimmer ist. Der zweite von diesen schmilzt leichter als der erste, und beide leichter als der dritte, den wir beim Schmelzen von glimmerhaltigen Feldspathporphyren noch krystallisirt gefunden haben. Es ist nicht schwer zu begreifen, dass beim Schmelzen eines Granits, der aus Orthoklas, Quarz und Magnesiaglimmer besteht, der erstere nach dem Schmelzen wieder krystallisiren und die beiden anderen während des Schmelzens des Feldspathantheils in der geschmolzenen Flüssigkeit getragener Mineralien einhüllen kann. Selbst angenommen, dass ein Theil des Quarzes schmolz, indem er von einer Substanz umgeben war, die als Flussmittel wirkte, so würde bei der abermaligen Krystallisation des Orthoklas, die nicht für die Bildung dieses Minerals erforderliche überschüssige Menge von Kieselerde als Quarz ausgeschieden werden. In Bezug auf die Lagerung des ungeschmolzenen Quarzes und Glimmers eines Granits, dessen Feldspathantheil allein geschmolzen war, konnte, wenn der letztere bloss Orthoklas war (specif. Gew. 2,53 — 2,58), der Quarz mit einem specif. Gew. von 2,6 keine grosse Neigung haben, in der flüssigen Masse niederzusinken. Leichter würde der Glimmer sinken, da sein specif. Gewicht in dem Kaliglimmer 2,8 — 3,1 und in dem Magnesiaglimmer 2,85 — 2,9 beträgt. In vielen Feldspathporphyren sind Glimmer oder Quarz und bisweilen beide mit Feldspath und anderen Mineralien wohl krystallisirt, so dass bei der Annahme, dass der Glimmer durch die geschmolzene Masse sinkt und der Quarz mehr mechanisch darin suspendirt bleibt, ein ausgeworfener oberer Theil die Quarzkrystalle und eine spätere Lava den Glimmer enthalten kann, vorausgesetzt, dass er noch nicht geschmolzen war.

Wir machen auf diese Art der Betrachtung aufmerksam, damit der Geognost selbst im kleineren Maassstabe, wenn er trachytische Gesteine vor sich hat, das Sinken oder Steigen gewisser Mineralien in einer flüssigen Masse geschmolzenen Gesteins berücksichtigt, dessen obere und untere Theile aus einem Vulkane ausfliessen, je nachdem die Seiten desselben Festigkeit genug besitzen, so dass die Lava den Krater überfliesst oder derselbe sich spaltet, und die flüssige Masse bei einem niedrigeren Niveau abfliessen lässt. Wenn man die ganze Höhe eines uns bekannten Vulkans als einen kleinen Bruchtheil der Tiefe betrachtet, bis zu der die von Zeit zu Zeit zum Theil ausgeworfene geschmolzene Masse hinabgeht, so können gewisse Mineralien, die bei dem theilweisen Schmelzen feldspathporphyrartiger oder granitischer Gesteine ungeschmolzen blieben, und anfänglich ihre relative Lage je nach ihrem specifischen Gewichte nahmen, später geschmolzen werden, und ihre Elemente sich mit der allgemeinen Masse mischen, um weiterhin erhoben und ausgeworfen zu werden. Angenommen also, dass viel Magnesiaglimmer in der geschmolzenen Flüssigkeit, bei dem theilweisen

Digitized by Google

Schmelzen des Granits, der ihn enthielt, sich gesenkt hat, so könnte die Magnesia, bei dem endlichen Schmelzen des Glimmers ganz oder theilweise zu der Bildung des Olivins in der später ausgeworfenen Lava beitragen. Das Sinken von Mineralien in flüssiger Lava ist schon vor langer Zeit von Leopold von Buch bemerkt worden, der auf Teneriffa Feldspathkrystalle häufiger in den unteren als in den höheren Theilen eines Obsidianstromes bemerkte, und neuerdings hat Darwin wieder die Aufmerksamkeit darauf gelenkt *).

Da Vulkane durch Gesteine der verschiedensten chemischen Zusammensetzung aufgebrochen sind, wie aus den so häufig ausgeschleuderten Bruchstücken hervorgeht, so werden Theile solcher Gesteine, wenn sie nicht ausgeworfen werden, oft in dem Innern des Vulkans geschmolzen werden, und ihre Elemente sich mit der übrigen geschmolzenen Masse mischen. Während solche Fragmente oft wenig verändert sind, als wenn sie nach plötzlichem Losreissen von ihrem Muttergestein keinem zu ihrer Veränderung hinreichenden Hitzgrad ausgesetzt gewesen wären, so sind andere in verschiedenem Grade verändert, es hat eine neue Lagerung ihrer Bestandtheile stattgefunden, es sind von den letzteren einige ausgetreten oder hinzugekommen.

Beim Durchbrechen und Umhüllen von Kalksteinen und Dolomiten kann viel Kalkerde und Magnesia durch Schmelzung erhalten werden, und das Material für die Bildung der Kalkerde und Magnesiasilicate der Augite und für das Magnesiasilicat des Olivins darbieten. Dasselbe geschieht auch mit anderen durchbrochenen und theilweise geschmolzenen Ablagerungen. Bei einer Untersuchung über den Ursprung der Mineralmassen eines Vulkans wird es nicht nur wünschenswerth, die wahrscheinliche Zusammensetzung jener feuergebildeten Gesteine zu beach-

*) Siehe „Buch's Beschreibung der Canarischen Inseln“ und Darwin in „*Geological Observations on the Volcanic Islands visited during the voyage of the Beagle*“. Nachdem Darwin die Arbeiten von Buch's und die Versuche von de Drée erwähnt, wo Feldspathkrystall in geschmolzener Lava sich auf den Boden des Tiegels senkten, beschreibt derselbe ausführlich das relative specifische Gewicht von Mineralien in flüssigen Laven. „In einer Masse von geschmolzenem Gestein,“ bemerkt er, „welche eine Zeitlang ohne bedeutende Störung gelassen wird, müssen in Uebereinstimmung mit den übrigen Thatsachen (hierher gehört auch die Granulation von silberhaltigem Blei nach dem Process von Patterson, wo Körner oder unvollkommene Bleikrystalle sich auf den Boden der flüssigen Masse senken), wenn eins der Mineralien sich zu Krystallen oder Körnern gesammelt hat, oder in diesem Zustande von einer früher vorhandenen Masse eingehüllt wurde, diese Krystalle oder Körner, je nach ihrem specifischen Gewicht, sich erheben oder sinken. Nun lehrt aber der Augenschein, dass sich in manchen Laven Krystalle finden, während der Teig flüssig blieb. Ich beziehe mich auf mehrere grosse porphyrartige Ströme auf den Galapagosinseln und auf Trachytströme an vielen Orten, in denen wir Feldspathkrystalle durch die Bewegung der umgebenden und halbflüssigen Masse gebogen und zerbrochen finden“.

Digitized by Google

ten, welche wieder geschmolzen wurden, nebst den Umständen, welche dieses Wiederschmelzen begleiteten, sondern auch die wässerigen Ablagerungen verschiedener Art, welche mehr oder weniger dem Schmelzen während der Zeit des Auswurfs von Mineralstoffen aus einem Vulkane ausgesetzt waren.

Wir haben oben einer Art der plattenförmigen Structur in feuergebildeten Gesteinen erwähnt, welche von der Verlängerung und dem Zusammendrücken von Blasen abhängt, so dass diese Structur durch ihre äusserste Plattung hervorgebracht wird. In den Fällen, wo Mineralien in einem ungeschmolzenen Zustande ausgeworfen werden und der Lavastrom, in welchen sie eingeschlossen sind, sich vorwärts bewegt, so dass die Mineralien sich nach ihren Formen und der verschiedenen Geschwindigkeit der Bewegung, die durch Reibung gegen ihre Unterlage oder irgend eine Umhüllung von mehr fest gewordenen Theilen des geschmolzenen Stromes hervorgebracht werden, lagern, kann sich ein gewisser Grad von Lagerung in Ebenen oder eine Plattung bilden. Mischungen von Substanzen verschiedener Art können bisweilen vor dem Ausbruch so neben einander gelagert sein, dass sie beim Fliessen als Lavastrom bestimmte Schichten bilden, welche unter übrigens gleichen Umständen um so dünner sind, je mehr sie sich verlängern. Blickt man auf die kugligen Körper, die gewöhnlich aus strahlenförmigen Krystallen eines Theils der Verbindung bestehen, und die man beobachtet, wenn Gläser in die steinige Form übergehen, was auch nicht selten bei künstlichen Schmelzprocessen geschieht, so lässt sich erwarten, dass beim Uebergang von Lava aus ihrem flüssigen Zustand in den steinigen, und wenn noch Bewegung in der Masse vorhanden ist, solche Wirkungen auf die sich abkühlenden Theile, besonders die dem Boden, über den das Ganze fliesst, nahe liegenden stattfinden, dass aus kleinen Kugeln bestehende Ebenen sich bilden: selbst ein Wechsel von ihnen entsteht, wenn nachfolgende Theile der flüssigen Lava ähnlichen Bedingungen ausgesetzt werden. Obsidian ist nur der glasige Zustand geschmolzenen Gesteins, und da alle Verhältnisse stattfinden, wenn künstliche Gläser in den steinigen Zustand übergehen, wie z. B. die Bildung von Krystallen gewisser Silicate und die kugelförmige Structur, so wird er sich sowohl in dem einen wie in dem anderen Falle bilden, und die Modificationen werden von der Art und der Menge der verschiedenen Silicate abhängen, mit der gehörigen Rücksicht auf die Verhältnisse, unter denen die Masse sich bewegte oder ruhig blieb. In manchen vulkanischen Ländern sind die Obsidiane besonders vortheilhaft für Studien dieser Art*).

*) Daubeny erwähnt (*Description of Volcanos* p. 256) in Bezug auf den Obsidian von Lipari, dass einige Varietäten eine bedeutende Aehnlichkeit mit manchen Producten besitzen, die Gregory Watt (*Philosophical Transactions* 1804) während der Abkühlung von grossen Massen von Basalt er-

Digitized by Google

Man findet auch Beispiele von Plattung in vulkanischen Gesteinen, welche den glasigen Zustand passirt haben, oder eine Vermischung mit diesem Zustande bei der Abkühlung, und es ist wünschenswerth, dass diese, wie die Obsidiane, genau untersucht werden, um zu finden, ob Bewegung während des Festwerdens stattfand, oder eine einfache und sehr allmälige Krystallisation der Theile während einer langen Periode, in welcher sich die ganze Gesteinsmasse abkühlte*). Bei solchen Untersuchungen muss man sich erinnern, dass der obere Theil eines Lavastromes in so weit verschieden von dem unteren Theile sich verhält, dass, während der er-

---

hielt, wo sich eine anfangende Krystallisation in der Mitte der glasigen Masse durch das Erscheinen von weissen oder heller gefärbten Stellen zeigte, welche aus Punkten bestehen, die von einem gemeinsamen Mittelpunkte ausstrahlen. In vielen liparischen Obsidianen bestehen indessen diese runden Stellen aus concentrischen Blättern und sind gewöhnlich in Linien geordnet, was der ganzen Masse eine Art von Schichtung giebt. In anderen Fällen besteht die ganze Masse aus Kugeln dieser Art, welche inwendig hohl und bisweilen durch schwarzen Obsidian verkittet sind.

Darwin giebt (*Volcanic Islands* p. 54) eine interessante Mittheilung über plattenförmige vulkanische Schichten auf der Insel Ascension, die mit Obsidian abwechseln und in ihn übergehen. Nach Beschreibung dieser Schichten bemerkt er, dass das Ganze als plattenförmig oder gestreift betrachtet werden kann, da die dichten Varietäten den anderen ganz untergeordnet sind. Die Platten sind entweder ganz gerade oder etwas gekrümmt oder eingerollt, alle unter einander und mit den dazwischen tretenden Obsidianschichten parallel; sie sind gewöhnlich sehr dünn, bestehen entweder aus einem scheinbar homogenen dichten Gestein, das mit verschiedenen Schattirungen von Grau und Braun gestreift ist, oder aus krystallinischen feldspathigen Schichten in einen Zustand von grösserer oder geringerer Reinheit und von verschiedener Dicke mit deutlichen, der Länge nach liegenden Krystallen von glasigem Feldspath oder aus sehr dünnen, hauptsächlich aus kleinen Krystallen von Quarz und Augit bestehenden Lagen oder aus schwarzen und rothen Flecken eines augitischen Minerals und eines Eisenoxyduls, das entweder nicht oder nur unvollkommen krystallisirt ist. Darwin erwähnt auch das Vorkommen von Lagen von Kugeln oder Spheruliten bei dem Uebergang von einer Classe von Schichten in die andere, wo eine Art von Spheruliten weiss oder durchscheinend, die andere dunkelbraun oder undurchsichtig ist; bei der ersteren fand Ausstrahlung von einem Mittelpunkte statt, bei der letzteren war dies nur sehr undeutlich der Fall. Darwin erwähnt auch der Beobachtungen von Dartigues (*Journal de Physique* t. 59. 1804) über die Schwierigkeit, spherulitische und entglaste Gläser wieder zu schmelzen, ohne sie erst zu zerstossen und das Ganze wohl durch einander zu mischen, was durch die Trennung gewisser Theile von dem allgemeinen Gemenge in den Kugeln oder Krystallen nothwendig wird.

*) Bei allen solchen Untersuchungen ist die langsame Abkühlung eines Lavastromes wohl in Betracht zu ziehen. Daubeny erwähnt, dass er die Temperatur des im August 1834 vom Vesuv ausgebrochenen Lavastromes, vier Monate nach seinem Ausfliessen 198,8 Cels. fand, wobei das Thermometer auf die Lava gelegt wurde, nachdem die Schlacken auf der Oberfläche entfernt worden waren. Daniell's Pyrometer gab beim Einführen in eine Höhle der Lava ähnliche Resultate (*Description of Volcanos* p. 229).

Digitized by Google

stere der Atmosphäre und allen ihren Veränderungen ausgesetzt ist, der letztere auf einem schlechten Wärmeleiter ruht, so dass oft etwas verschiedene Wirkungen in Bezug auf die Anordnung der Bestandtheile in dem einen oder anderen Fall hervorgebracht werden.

Es lässt sich in Bezug auf die Rapillen und Aschenanhäufungen an den Seiten der Vulkane, auf dem benachbarten Lande und entfernten Gegenden, bis zu welchen die letzteren getragen werden, erwarten, dass ihre chemische Zusammensetzung der der gleichzeitigen Laven ihrer Vulkane ähnlich ist, wenn solche überhaupt ausgeworfen wurden, mit solchen Modificationen, wie sie die mehr vollständige Wirkung von Dämpfen und Gasen, die aus ihnen hervordringen, veranlasst. Während des Ausbruchs von Trachytlaven werden die Rapillen und Aschen ebenfalls trachytisch sein, und so mit allen übrigen Arten vulkanischer Gesteine. So werden, wenn trachytische den doleritischen Eruptionen an irgend einem Orte vorausgegangen sind, die Rapillen und Aschen der einen Art den anderen vorausgegangen sein. Da Aschen und Rapillen, besonders die ersteren, mit diesen vulkanischen Dämpfen und Gasen gemischt und von ihnen umgeben sind, so hängt in Bezug auf eine Modification oder Veränderung in der ursprünglichen Mineralsubstanz viel von der Zeit ab, durch welche diese Thätigkeit dauert, wie auch von der Art der Dämpfe und Gase, denen die Aschen oder Rapillen ausgesetzt sind. In allen Fällen werden da, wo die Rapillen und Aschen am häufigsten und schnellsten angehäuft wurden, wie auf dem Kegel oder an den Seiten eines Vulkans, die von der Beimischung von Säuren und Dämpfen mit den Aschen und Rapillen entstehenden Wirkungen am beträchtlichsten sein. Wenn z. B. viel Salzsäure mit denselben gemischt und das Ganze um einen Krater in einem heissfeuchten Zustande aufgehäuft ist, so wird eine kräftige Wirkung auf die in dieser Säure löslichen Theile statthaben. Ein Gleiches wird die schweflige und die Kohlensäure bewirken.

Bei der Betrachtung der ursprünglichen Zusammensetzung und späteren Modificationen, welche eine Masse oder Schichten von vulkanischen Aschen erlitten hat, muss man auch untersuchen, ob diese Aschen und Rapillen, wie man sie jetzt findet, sich entweder an der Luft oder unter Wasser abgelagert haben. Hier ist das Vorkommen von Muscheln oder anderen organischen Resten in ihnen, oder Lagen von Detritus oder chemisch abgesetzter Stoffe, die eine Anhäufung unter Wasser anzeigen, von grösster Wichtigkeit. Da Aschen und Rapillen im Wasser zu Boden sinken, und später von demselben geschichtet werden, so werden sie natürlich wohl abgespült, so dass später durch anhängende oder mit ihnen vermischte Säuren geringe Veränderungen hervorgebracht werden.

Die Rapillen- und Aschenanhäufungen vulkanischer Gegenden werden gewöhnlich mit dem Namen Tuff bezeichnet. Abich hat folgende

Digitized by Google

Analysen des Tuffs der Phlegräischen Felder, von Pausilippo und der Insel Vivara mitgetheilt, von denen die ersteren Trachyttuff, die letzteren Basalttuff genannt werden:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Kieselerde	51,65	52,80	54,41	54,57	56,63	45,50	57,08
Thonerde	15,08	15,83	15,40	17,93	15,38	16,05	13,71
Eisenoxydul	6,21	7,57	7,74	5,49	7,11	11,69	13,16
Kalkerde	5,43	3,13	3,17	0,77	1,74	5,03	7,09
Magnesia	1,18	0,84	1,50	0,77	1,36	3,20	4,72
Kali	6,19	7,86	7,54	5,23	6,54	4,12	2,94
Natron	1,01	2,90	2,87	6,40	4,84	2,28	2,94

1. Gelber Tuff von Nola. 2. Gelber Tuff von Pausilippo. 3. Weisser Tuff von Pausilippo. 4. Tuff von Epomeo. 5. Vom Krater des Monte Nuovo. 6. Gelber Tuff von der Insel Vivara. 7. Grauer Tuff von Vivara.

Blickt man auf die verschiedene Weise, in der Aschen und Rapillen sich anhäufen können, und zwar entweder ganz an der Atmosphäre oder unter Wasser, auf die Substanzen, mit welchen sie sich in dem Krater eines Vulkans gemischt haben und welche sie später mehr oder weniger imprägniren oder bedecken können, und auf die Infiltrationen in Schichten oder Massen von ihnen nach ihrer Ablagerung, welche ihnen entweder etwas zufügen oder wegnehmen oder die Anordnung ihrer Bestandtheile modificiren, so kann man erwarten, dass bisweilen selbst sehr feste Gesteine gebildet werden, die auf den ersten Anblick wenig Aehnlichkeit mit einer Ablagerung von feinem Staube oder Rapillen darbieten. Darwin beschreibt einen Tuff dieser Art, von der Chathaminsel, eine von den Galapagos-Inseln, der offenbar zuerst aus Rapillen und Aschen gebildet war, aber jetzt ein etwas harzähnliches Ansehen darbietet und manchen Pechsteinen gleicht. Er schreibt diese Veränderung einer chemischen Veränderung an kleinen Theilchen von blassen und dunkelgefärbten schlackigen Gesteinen zu, und diese Veränderung konnte deutlich in verschiedenen Stufen um den Rand selbst desselben Theilchens verfolgt werden *).

*) *Volcanic Islands* p. 99. Darwin beschreibt diesen Tuff, wo er am besten charakterisirt ist, als von einer gelbraunen Farbe, durchscheinend und mit einem etwas harzähnlichen Glanz; er ist spröde, mit einem eckigen, rauhen und sehr unregelmässigen Bruch, bisweilen indessen etwas körnig und selbst undeutlich krystallinisch; er lässt sich leicht mit einem Messer ritzen, indessen ritzt er selbst an einigen Stellen Glas, und schmilzt mit Leichtigkeit zu einem dunkelgrünen Glase. Die Masse enthält zahllose zerbro-

Digitized by Google

In Island ist ein ähnlicher Tuff, der offenbar nicht mehr in seiner ursprünglichen Beschaffenheit ist, von grosser Wichtigkeit. Man hat ihn Palagonittuff genannt, von Palagonia in Sicilien, wo derselbe Tuff vorkommt. Er ist, nach Bunsen, amorph, mit unebenem, im Kleinen muschligem Bruch. Seine Härte ist etwas unter 5, er ist leicht zersprengbar. In seinen Splittern ist er durchscheinend, und hat einen Firnissglanz bis Wachsglanz. Im auffallenden Licht ist er kaffeebraun, im durchfallenden honiggelb. Im Kolben giebt er Wasser. Von verdünnter Salzsäure wird er leicht zersetzt. Die Zusammensetzung dieses Tuffs von Selgadale *) und von der Selsundkette war folgende:

Kieselerde.	Eisenoxyd.	Thonerde.	Kalkerde.	Magnesia.	Kali.	Natron.	Wasser.	Hygroskop. Wasser.	Unlöslich.
37,417	14,175	11,165	8,766	6,036	0,685	0,652	17,152	—	4,108
32,911	12,865	8,925	7,548	4,244	0,995	1,283	14,686	7,102	9,573

chene Krystalle von Olivin und Augit und kleine Theilchen von schwarzen und braunen Schlacken; oft ist er mit dünnen Streifen von kohlensaurem Kalk durchzogen. Gewöhnlich hat er eine knollige oder concretionäre Structur. In einem harten Stück verwechselt man diese Substanz leicht mit einer blassen und eigenthümlichen Varietät von Pechstein; aber wenn man ihn in Masse sieht, so beweisen seine Schichtung und die zahllosen Schichten von eckigen und abgerundeten Basaltbruchstücken sogleich seinen Ursprung unter Wasser.

*) Unter den veränderten Gesteinen Islands ist der Palagonittuff bei weitem das wichtigste, und derselbe tritt, nach Bunsen, überall auf, wo die pyroxenischen Vulkangesteine besonders entwickelt sind, in den Basalterhebungen Deutschlands und Frankreichs, in den Euganeen, am Aetna, auf den Azoren und Canarien, auf den Schildkröteninseln und wahrscheinlich den vulkanischen Südseegruppen. Er besteht aus einem Gemenge von wasserfreien und wasserhaltigen Silicaten. Die ersteren gehören ausschliesslich dem pyroxenischen Gebirge an. Die letzteren verkitten gewöhnlich die wasserfreien Trümmergesteine zu Conglomeraten und können wieder als Verbindungen zweier Silicate betrachtet werden, von denen das eine der Formel $3\,RO,\ 2\,SiO_3 + aq.$ und das andere der Zusammensetzung $3\,Al_2O_3,\ SiO_3 + aq.$ entspricht, und beide Glieder scheinen sich in bestimmten Verhältnissen mit einander zu verbinden. Auch der von Darwin oben beschriebene Tuff ist ein Palagonittuff, und Bunsen fand für ihn die Zusammensetzung $3\,RO,\ 2\,SiO_3 + Al_2O_3,\ SiO_3 + aq.$ Berechnet man diese Tuffe auf wasserfreie Substanz und Eisenoxydul, so ergiebt sich eine fast vollkommen gleichartige Zusammensetzung mit der normalpyroxenischen Gesteinsmasse (siehe oben S. 305). Das Sauerstoffverhältniss in der Säure und den Basen ist für den Palagonit 3 : 1,948, also dem des Pyroxengesteins ganz gleich. Man kann deshalb bei der Berechnung der Mischungsgesteine auch die normalpalagonitische Zusam-

Digitized by Google

Es ist klar, dass bei vulkanischen Tuffablagerungen bezüglich ihrer späteren Modificationen und Veränderungen sehr viel von den fremden Stoffen abhängt, mit welchen sie sich mischen, so dass, wenn Kalkmasse unter Wasser (die oft vielleicht von Thieren herrührt), oder Thon und feines, nicht direct von vulkanischen Eruptionen herrührendes Sediment sich mit ihnen mischt, Wirkungen entstehen, die nicht ganz mit denen übereinstimmen, wo die modificirende Thätigkeit allein die directen Producte der Vulkane betraf. Tuffe dieser Art müssen sich oft bilden, und ihre Untersuchung im Zusammenhang mit jetzt thätigen Vulkanen, oder solchen, die in geologisch jugendlichen Zeiten in diesem Zustande gewesen sind, ist sehr wichtig zur Erklärung des Ursprungs gewisser Mischungen von feuergebildeten und sedimentären Gesteinen, selbst unter sehr alten Ablagerungen.

In Ländern wie Island, wo vulkanische Thätigkeit in den Mineralablagerungen, die seine Oberfläche bilden, sehr verbreitet ist, und wo Modificationen, die von der Wirkung von Dämpfen und Gasen, die durch Lavaströme, Aschen, Rapillen gehen, abhängen, bietet sich eine grosse Gelegenheit zur Beobachtung der Veränderungen, denen solche Mineralsubstanzen unterworfen sind. Bunsen hat darüber sehr wichtige Untersuchungen angestellt, die die interessantesten Aufschlüsse geliefert haben. Sie betreffen zuerst die Bildungen der in vulkanischen Gesteinen so häufigen wasserhaltigen Silicate, der Zeolithe und der zeolithischen Mandelsteine. Die Mandelsteine sind durch die Einwirkung der pyroxenischen Durchbruchs-Gesteine metamorphosirte Palagonittuffe, durch Vorgänge, die weder rein plutonischer, noch rein neptunischer

---

mensetzung zu Grunde legen (Kieselerde 49,24, Thonerde und Eisenoxydul 30,82, Kalk 9,73, Magnesia 7,97, Kali 0,99, Natron 1,34). Dieser Tuff scheint sich durch Wirkung von Kalkerde auf pyroxenische Gesteine bei höheren Temperaturen bilden zu können, wie Bunsen in einer basaltischen Lava von Porto Praja nachwies, die über eine Kalkschicht geflossen ist und eine Breccie gebildet hat, und welche, wo sie an die Kalkbrocken angrenzt, in einen Palagonit verwandelt ist. Auch bei den Basaltgängen des Vogelsberges, welche Kalkstein durchsetzen, hat Bunsen dasselbe dargethan. Gleiches zeigte ein aufs Innigste mit kohlensaurem Kalk gemengter kraterbildender Tuff von der Chathaminsel. Auch stellte Bunsen den Palagonit künstlich dar durch Glühen von 1 Theil geschlämmtem Basaltpulver mit 3 Theilen zerfallenem Kalk und Abschlämmen der Masse mit Wasser. Doch ist er der Meinung, dass bei der Bildung der meisten Palagonittuffe, namentlich der isländischen, Alkalien eine Rolle gespielt haben, wie sich dann vollkommener Palagonittuff bilden lässt, wenn man feingeriebenen Basalt in einen grossen Ueberschuss von geschmolzenem Kalihydrat einträgt und das gebildete überschüssige Kalisilicat mit Wasser übergiesst. Rücksichtlich des Ursprungs des Alkalis bei diesen Tuffbildungen weist Bunsen auf die Möglichkeit einer Verflüchtigung aus feurig flüssigem Pyroxengestein hin, besonders wenn man erwäge, dass die nie fehlende Kohlensäure oder Wasserdampf zur Bildung von nicht sehr feuerbeständigen Alkalihydraten und Carbonaten Veranlassung geben müsse. Siehe Pogg. Annalen LXXXIII, 197.

Natur sind. Wo die pyroxenischen Gesteine die palagonitischen durchsetzen, da scheidet sich die Substanz der letzteren in eine dunklere eisenhaltige und in eine blendend weisse eisenfreie zeolithische Silicatmasse. Die dunklere Grundmasse näher an der Berührungsstelle enthält glattwandige Höhlungen und Drusenräume, die entweder leer oder mit Kugeln der scharf gesonderten eisenfreien Masse erfüllt sind. Wo diese letztere zur Ausfüllung des Raumes nicht hinreicht, da bilden sich zeolithische Drusen. Bunsen ahmte diesen Process nach, indem er Palagonitstückchen bis zum äusserlichen Glühen erhitzte. Unter der gefritteten Rinde sah man unter dem Mikroskop ein mit Mandeln und Krystalldrusen gefülltes Gestein, das vielen basaltischen Mandelsteinen Islands mit ausgebildeten Chabasitkrystallen vollkommen glich. Die Reihenfolge der Bildungen ist also die, dass ein überbasisches, rein plutonisches pyroxenisches Gestein entweder am Orte seines Ergusses oder auf dem Transporte seiner mechanisch zerstörten Trümmermassen neptunisch zu Palagonit oder Palagonittuff metamorphosirt und durch eine plutonische Metamorphose in einen zeolithischen Mandelstein verwandelt wird, worauf noch eine dritte neptunische, durch Gase und Wasserdämpfe vermittelte Zersetzung folgt. Da aber wasserhaltige Silicate auch in dichteren Basalten mit Augit und Olivin vorkommen, zo zeigte Bunsen durch einen weiteren Versuch, dass die letzteren zwar plutonische Bildungen sind, dass aber die palagonitische und zeolithische Metamorphose, die gewöhnlich auf einander folgen, auch in glühend flüssigem Gestein, wenn dieses alkalireich und überbasisch genug ist, unter gleichzeitiger und nachfolgender Wassereinwirkung vor sich gehen kann, in der That selten in den pyroxenischen Gesteinen gefehlt hat, da, nach Bunsen, der mit Säuren gelatinirende Theil des Basaltes der auf diese Weise gebildete palagonitische Gemengtheil ist. Es kann also ein wasserhaltiges Silicat in der Glühhitze nicht nur entstehen, sondern sich auch erhalten, welches, nachdem es einmal abgeschieden und von seiner Umgebung getrennt worden, schon bei 109° C. vier Fünftel und noch unter der Glühhitze alles Wasser wieder verliert. Bunsen trug nämlich ein fein pulverisirtes Gemenge von 0,2 Theilen Kalk und 1,0 Kieselerde in 9 Theile geschmolzenes Aetzkali und liess das in einer Muffel einige Zeit stark rothglühende Gemenge langsam erkalten. Nach dem Auflösen der Masse in Wasser fand sich ein Netzwerk von 4—5 Linien langen prismatischen Krystallen, die nach der Formel $3\,CaO,\ 2\,SiO_3 + aq.$ gebildet waren und deren Analyse ergab 27,215 Proc. Kieselerde, 22,241 Kalkerde, 0,733 Kali, 36,915 bei 109° C. und 9,503 beim Glühen abgeschiedenes Wasser, 2,603 kohlensauren Kalk. Setzt man dem überbasischen in der Glühhitze geschmolzenen Aetzkaligemenge etwas Basaltpulver zu, so erhält man bei nachheriger Behandlung mit Wasser ein Gemenge von Palagonit mit der obigen Zeolithsubstanz.

Digitized by Google

Die Gase und Wasserdämpfe zersetzen die vulkanischen Gesteine und Tuffe. Die Wirkung feurig-flüssiger Gesteine auf die mit Wasser durchtränkten Gebirgsschichten begann fast immer mit einer Verdampfung, deren mechanische Wirkungen sich durch Erschütterungen und Eruptionen, die chemischen durch Fumerolenthätigkeit kundgaben. Erst nach der Erschöpfung derselben konnte die durch den obwaltenden Druck bestimmte Temperatur überschritten und so weit gesteigert werden, dass eine plutonische Einwirkung begann. Dies erklärt, warum oft gar keine Spuren feuriger Contactwirkungen sichtbar sind. Es bildet sich auf dem feurig-flüssigen Gestein eine Erstarrungsrinde von glasiger, schlackiger Beschaffenheit, welche die Wärme schlecht leitet, und durch welche die Temperaturausgleichung in das stets bei constanter Kochtemperatur erhaltene Nebengestein nur langsam erfolgen konnte. Fehlen diese Bedingungen, so finden sich die Beweise einer stattgehabten Glühhitze, wodurch der leichtflüssige Palagonittuff zu Basalt und zeolithischem Conglomerat wird, der Kalkstein zu überbasischem Silicat, der Sandstein zu Hornstein.

Ueber die Bildungsgeschichte der Isländischen Thermen, Fumerolen, Solfataren und Springquellen in ihrem Zusammenhange mit den übrigen vulkanischen Erscheinungen giebt uns Bunsen gleichfalls die werthvollsten Aufschlüsse. Die Quellen stehen im innigen Zusammenhange mit den thätigen Vulkanen der Insel, und folgen einer Hauptrichtung, nämlich der der vorzüglichsten Thäler und Höhenzüge, der Hauptgangsysteme, sowie der vielen vulkanischen Spalten und Klüfte. Die Quellen sind Meteorwasser, die auf die Hochebene des Inneren fallen oder von Gletschern herrühren; ihr unterirdischer Lauf wird durch die der vulkanischen Gebirgslinie entsprechenden Klüfte und Spalten unterbrochen, sie werden in eine Tiefe geführt, wo unter dem Einfluss der vulkanischen Bodenwärme Erhitzung und Dampfbildung erfolgt. Das Wasser, durch die normale Kraft der Dämpfe und des hydrostatischen Druckes gehoben, bricht dann in Thermenzügen hervor, die eine nordöstliche Richtung haben. Dass es Meteorwasser sind, welche als Quellen wieder aufsteigen, ergiebt sich aus dem Stickstoff, welcher für sich oder mit anderen Gasen gemischt, aus den Kochquellen aufsteigt, und zwar nie in einem grösseren Verhältniss, als es die Diffusion der atmosphärischen Luft zum Wasser erheischt. Die mineralischen Bestandtheile der Quellen kommen aus einer Wechselwirkung des ursprünglich reinen Wassers und der vulkanischen mit diesem zu Tage kommenden Gase auf die den Quellenboden constituirenden Gesteine, welches hauptsächlich Palagonit ist. Alle Isländischen Quellen zeichnen sich durch grossen Gehalt an Kieselerde aus und lassen sich, wenn man die wenigen Säuerlinge auf dem westlichen Theile der Insel ausschliesst, in zwei Hauptgruppen theilen, von denen die eine die sauren, die andere die alkalischen Kieselerde-

Digitized by Google

quellen begreift. Die ersteren gehören den eigentlichen Solfataren an, und sie verdanken ihre schwach saure Reaction gewöhnlich mehr einem geringen Gehalte an Ammoniak-, Natron- und Kali-Alaun, als unbedeutenden Spuren freier Schwefelsäure oder Salzsäure, und enthalten ausserdem schwefelsaure und chlorwasserstoffsaure Salze von Kalk, Magnesia, Natron, Kali und Eisenoxydul, oder an deren Stelle Schwefelwasserstoff. Sie sind besonders durch Quellenabsätze von Gyps und Schwefel charakterisirt und bilden nur selten periodische Eruptionsquellen. — Die alkalischen Wasser dagegen sind die verbreitetsten und bilden die periodischen Springquellen, sowie den grössten Theil der gewöhnlichen warmen und kochenden Quellen. Ihre äusserst schwache alkalische Reaction rührt von Schwefelalkalien und kohlensaurem Natron und Kali her, welche der Kieselerde zum Auflösungsmittel dienen und die für diese Quellen so charakteristischen Kieseltuffbildungen bedingen. Schwefelsaure und salzsaure Alkalien, nebst Spuren von Magnesia, sind die gewöhnlichsten Begleiter dieser Wasser.

Die mit dem Palagonit in Wechselwirkung tretenden vulkanischen Gase Islands bestehen aus schwefliger Säure, Schwefelwasserstoff und, mehr untergeordnet, Kohlensäure und Chlorwasserstoffsäure.

Die dem festen Boden entsteigende wässerige schweflige Säure löst den Palagonit auf, das Eisenoxyd tritt seinen Sauerstoff an die schweflige Säure ab, es entsteht Schwefelsäure und Eisenoxydul; dann wird auch die schweflige Säure an der Luft durch den Sauerstoff der Atmosphäre oder in der Tiefe durch den im Quellwasser diffundirten Sauerstoff der Luft oxydirt; es werden schwefelsaure Salze und Kieselerde in Lösung versetzt. Dies ist das erste Stadium der Fumerolenwirkung, wo schweflige Säure, Schwefelwasserstoff, Schwefel und Wasserdampf den Boden durchbrechen und sich über die Schwefelfelder ausbreiten, oder sich ein blauschwarzer, siedender Thonbrei in ungeheuren Blasen erhebt. Doch ist nach den Analysen das Verhältniss, in welchem die in den sauren Kieselerdequellen auftretenden Basen zu einander stehen, nicht das der Palagonitbestandtheile, woraus sich ergiebt, dass die Thätigkeit der durch schweflige Säure bedingten chemischen Zersetzungen mit der Auflösung des Palagonits noch keineswegs ihr Ende erreicht hat. Der gesammte Eisenoxydulgehalt, sowie ein Theil der Thonerde und Kalkerde, wird wieder aus der Lösung entfernt. Bunsen fand, dass der Palagonit bei der Digestion mit einer neutralen Lösung von Eisenvitriol unter Bildung von schwefelsaurem Kalk das Eisenoxydul entweder als Hydrat oder vielleicht als kieselsaures Salz fällt. Die freie schweflige Säure löst daher ursprünglich das Eisenoxyd der Tuffe als Oxydulsalz neben einem Theil der übrigen Bestandtheile derselben auf, setzt dasselbe aber, wenn die Auflösungen bei ihrem Durchgange durch die Gebirgsart neutral geworden sind, bei weiterer Berührung mit derselben als Oxydulhydrat oder,

Digitized by Google

wenn Sauerstoff zugegen ist, als Oxydhydrat wieder ab. Der zersetzte Palagonit wird dadurch in abwechselnde, ohne Ordnung sich durchsetzende Lager von weissem eisenfreien und gefärbtem eisenhaltigen Fumerolenthon verwandelt, deren Grenzen mithin die Schichten bezeichnen, wo die erste Action der sauren in die zweite der neutralen Lösungen übergegangen ist. Diese Thonlager haben grosse Aehnlichkeit mit gewissen Gebilden der Keuperformation, deren verschieden gefärbte Schichten also wohl nicht dem Absatz aus Wasser, sondern bloss nachfolgender chemisch-metamorphischer Veränderung einer und derselben Gebirgsart zuzuschreiben sind.

Dieselbe Einwirkung, welche der Palagonit auf die neutralen Lösungen des schwefelsauren Eisenoxyduls ausübt, wiederholt sich bei den schwefelsauren Salzen der Thonerde und des Eisenoxyds. Beide werden dadurch aus ihren neutralen Lösungen unter Bildung von Gyps gefällt, so dass die Thonerde nicht nur aus den Suffionenwassern entfernt, sondern auch von einer Stelle zur anderen im Bereiche dieser Zersetzungen geführt wird, wovon die Ungleichheit und Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung der Thonschichten herrührt. Dieser Gyps stimmt ganz mit den Mergeln und Thongebilden der Triasformation überein, bei denen die gänzliche Abwesenheit kalkschaliger Conchylien auf die Einwirkung saurer Dämpfe hindeutet, sowie sich auch für das Verhältniss der tertiären Thonbildungen zu den Tuffen der Basalte, Dolerite und Trachyte aus diesen Fumerolenwirkungen Aufschlüsse schöpfen lassen.

Als Erzeugnisse der Solfatarenthätigkeit in Island sind noch Federalaun, Schwefelkies, Schwefelkupfer, schwefelsaures Kupferoxyd und der Schwefel selbst zu bemerken. Der Federalaun bildet sich an der Oberfläche des Fumerolenthons nur in Zeiten, wo eine trockene Atmosphäre seine Auswitterung am Boden begünstigt. Gewöhnlich findet er sich nur auf dampfenden Schlammkrusten, und man sieht deutlich, dass die Eigenschaft des Palagonits, die neutralen Thonerdelösungen zu fällen, die Bildung dieses Salzes vorzugsweise nur da zulässt, wo durch das Spiel der Fumerolen ein fortwährender Säurezufluss unterhalten wird, und zwar führt vornehmlich die schweflige Säure diese Bedingung herbei. Aber auch der Schwefelwasserstoff, der in den Dampfexhalationen vorkommt, erleidet in Berührung mit dem porösen Fumerolenthon auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs eine Contactverbrennung, als deren Hauptproduct die Schwefelsäure auftritt. Regengüsse lösen das gebildete Salz auf und führen es in die Tiefe, den Palagonitschichten zu, welche die Thonerde fällen. Der Schwefel der Fumerolenmündungen geht aus der Wechselwirkung der schwefligen Säure und des Schwefelwasserstoffs in Berührung mit Wasserdämpfen oder aus der Zersetzung des Schwefelwasserstoffs auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs hervor.

Digitized by Google

In Folge der Einwirkung des Schwefelwasserstoffs auf die Palagonitsubstanz werden Einfach-Schwefeleisen und alkalische Schwefelmetalle erzeugt. Durch die Bildung des ersteren wird der Palagonit in eine schwarze Masse verwandelt, welche dem Thon der kochenden Schlammpfühle eine blauschwarze Farbe ertheilt, und bisweilen setzt es sich in Gestalt eines schwarzen Pulvers, von den Quellen zu Tage geführt, in sandiger Form ab. Die alkalischen Schwefelmetalle werden von dem kochenden Wasser gelöst und verwandeln sich, wo sie mit dem Schwefel in Berührung treten, in Polysulfüre. Diese lösen aber leicht geringe Spuren des Einfach-Schwefeleisens mit grüner Farbe auf und setzen es unter Umständen wieder ab, und es begreift sich daraus leicht, wie das durch Schwefelwasserstoff unter Abscheidung von Schwefel zu Einfach-Schwefeleisen umgebildete Eisenoxyd von den zugleich gebildeten alkalischen Polysulfüren gelöst und denselben ein Atom Schwefel entziehend als Zweifach-Schwefeleisen oder Schwefelkies wieder abgesetzt werden kann.

Bunsen hat nun ferner, um den Ursprung der alkalischen Kieselerdequellen zu ergründen, zahlreiche Versuche angestellt und auch das Wasser des grossen Geyser durch Sandberger*) untersuchen lassen. (Siehe Damour's Analyse S. 17.) Es ergiebt sich daraus folgendes Resultat: Alle isländischen Gesteine werden durch heisses Wasser zersetzt. Sie spalten sich dadurch in saure und basische Silicate. Die ersteren werden von Wasser gelöst, die letzteren bleiben als unlösliche Thonlager zurück. Die löslichen Silicate dringen mit dem Quellwasser zu Tage, verdunsten und bilden Kieselsinter und Opale. Der Palagonittuff hat den wesentlichsten Einfluss auf die Geyserbildung. Behandelt man Palagonitpulver bei 100° bis 106° C. einige Stunden lang mit destillirtem Wasser, so lösen sich in 1000 Grammen Wasser Kieselsäure 0,03716, Kali 0,00162 und Natron 0,00824. Lässt man mit Kohlensäure gesättigtes Wasser auf das pulverisirte Fossil einwirken, so lösen sich, mit Ausnahme der Thonerde und des Eisenoxyds alle übrigen Bestandtheile desselben als zweifach-kohlensaure Salze auf. Palagonitpulver, zehn Stunden lang mit gesättigtem Schwefelwasserstoffwasser erhitzt, gab unter Bildung von Einfach-Schwefeleisen eine Lösung von Kieselerde, Calciumsulfhydrat, Magnesiumsulfhydrat, Natriumsulfhydrat, Kaliumsulfhydrat. Die Bestandtheile des Palagonits nehmen daher einen sehr verschiedenen Antheil an der Zersetzung, welche durch die Einwirkung des erhitzten Wassers, der Kohlensäure und des Schwefelwasserstoffs herbeigeführt wird. Die alka-

*) Sandberger fand in 1000 Thln. dieses Wassers 0,5097 Kieselerde, 0,1939 kohlens. Natron, 0,0083 kohlens. Ammoniak, 0,1070 schwefels. Natron, 0,0475 schwefels. Kali, 0,0042 schwefels. Magnesia, 0,2521 Chlornatrium, 0,0088 Schwefelnatrium, 0,0557 Kohlensäure (Ann. d. Ch. u. Pharm. LXII, 49).

lischen Kieselerdequellen, wo die schweflige Säure mehr zurücktritt, nehmen einen von den Suffionenwassern sehr abweichenden Charakter an; denn die Zusammensetzung des Wassers wie die Natur der Thonablagerungen müssen in einem bestimmten Verhältniss zu dem mehr oder weniger grossen Widerstande stehen, den die einzelnen Bestandtheile des Palagonits dem Angriff jener schwächeren vulkanischen Säuren, d. h. dem Wasser der Kohlensäure und dem Schwefelwasserstoff, entgegensetzen.

Wenn die kieselsauren Alkalien, welche das erhitzte Wasser dem Palagonit entzieht, mit Kohlensäure, Salzsäure und Schwefelsäure in Berührung kommen, so müssen sich diese Alkalien in kohlensaure, schwefelsaure und chlorwasserstoffsaure Salze verwandeln, während die Kieselsäure in den gebildeten kohlensauren Alkalien und in Wasser gelöst bleibt und sich theilweise bei der Verdampfung desselben als Kieseltuff abscheidet.

Die Einwirkung der Kohlensäure erstreckt sich aber nicht nur auf die vom Wasser aufgenommenen Alkalien, sondern sie dehnt sich auch direct auf die Palagonitsubstanz aus, indem sie ausser einer Lösung von Kieselerde in Wasser und kohlensauren Alkalien zugleich noch die Bildung von sauren kohlensauren Verbindungen der Magnesia und Kalkerde veranlasst. Dass von diesen Erden nur Spuren der ersteren im Geyserwasser sich wiederfinden, erklärt sich aus dem Umstande, dass der saure kohlensaure Kalk beim Kochen in Kohlensäure und unlösliches neutrales Salz zerfällt oder durch die kohlensauren Alkalien unter Bildung von kohlensaurem Alkali in derselben Weise zersetzt wird. Das Magnesiasalz dagegen muss sich, ganz dem Ergebnisse der Analyse entsprechend, spurenweise im Geyserwasser wiederfinden.

Die Schwefelwasserproducte aus dem Palagonit erleiden durch Kohlensäure eine ähnliche Zersetzung. Schwefelwasserstoff entweicht als Gas unter Ausscheidung von kohlensaurem Kalk und theilweiser Fällung von kohlensaurer Magnesia. Das Endproduct dieser Reactionen ist wiederum Kieselsäure in Wasser und kohlensauren Alkalien gelöst, denen sich bei weniger vorherrschender Kohlensäure noch Schwefelalkalien, die constanten Begleiter der Kieselquellen, beigesellen. Das Verhältniss des Kalis zum Natron im Geyserwasser ist ein durchaus verschiedenes von dem, welches sich im Palagonit zeigt, und aus den Versuchen ergiebt sich, dass das Natron aus dem Palagonit durch reines Wasser oder Kohlensäure in einem weit grösseren Verhältniss aufgelöst wird, als das Kali, ja sogar bei der Kohlensäure in einem noch grösseren als der Zusammensetzung des Geyserwassers entspricht. Es ist daher begreiflich, dass, wenn die Zersetzungen der drei vulkanischen Gase zusammenwirken, sehr wohl die relativen Mengen dieser Alkalien, wie sie im Geyserwasser sich finden, aufgelöst werden können.

Digitized by Google

Ueber die Ursachen des periodischen Ruhe- und Thätigkeitszustandes des Geysers hat Bunsen eine ganz neue, auf sorgfältige Untersuchungen gegründete Ansicht mitgetheilt, die von den früheren Erklärungen dieses Phänomens durchaus abweicht, und die wir als eine exacte Anwendung der Physik auf geologische Phänomene hier nicht unerwähnt lassen dürfen. Jede Kieselerdequelle baut sich durch Sinter-

Fig. 130.

absatz eine Röhre auf und kann in einer gewissen Höhe zu einem Geyser werden. Ist die Röhre oben eng und wird sie von einer unten stark erhitzten und schnell hervordringenden Wassersäule erfüllt, so entsteht eine continuirliche Springquelle. Das Wasser hat an der Mündung eine Siedetemperatur, die dem Atmosphärendruck entspricht; wenn die Quelle aber einen Röhrenaufsatz gebildet hat, so erreicht es unter dem Drucke der in dieser Röhre ruhenden Flüssigkeit eine über 100° steigende Temperatur: die dergestalt erhitzte, von unten stets erneuerte, aufsteigende Wassermasse erleidet an der Mündung der Röhre eine dem verminderten Druck entsprechende Temperaturerniedrigung bis auf 100°, wobei der ganze Wärmeüberschuss zur Bildung von Dämpfen verwandt wird, die mit dem Wasser continuirlich aus der Quellenmündung hervordringen. Ist die Röhre dagegen nach oben sehr weit, so, dass das Wasser sich erheblich abkühlen kann, und tritt der weit über 100° erhitzte Quellenstrang nur langsam in den Boden der Röhre ein, so wird das Wasser plötzlich ins Kochen und zum Ausbruch kommen, und wieder zur Ruhe zurückkehren, wenn nur durch irgend eine Ursache, z. B. Dampfanhäufung in der Tiefe, die Wassersäule gehoben wird und

dadurch unter einen Druck gelangt, welcher ihrer Temperatur nicht mehr entspricht. Nach einem Ausbruch steigt die Temperatur in der Röhre fortwährend, erreicht aber nie, selbst bis einige Minuten vor der grossen Eruption, in der ruhenden Wassersäule den Kochpunkt, der dem Atmosphären- und Wasserdruck am Orte der Beobachtung entspricht. Die Ursache der Hebung der Wassersäule, die den ersten Anstoss zur Eruption giebt, liegt in der Eigenthümlichkeit der Isländischen Thermen, dass sich periodisch an gewissen Stellen in dem Wasser des Quellenbassins eine Anzahl grosser Dampfblasen bilden, die beim Aufsteigen in eine obere kältere Schicht plötzlich wieder condensirt werden, wodurch kleine periodische Detonationen und Aufwallungen entstehen, die den grossen Ausbrüchen vorausgehen.

Diese periodische Hebung beträgt selten mehr als einen bis zwei Meter, ist aber nicht eher im Stande, irgend eine Wasserschicht in eine Höhe zu versetzen, wo sie in Folge der darin stattfindenden Druckverminderung ins Kochen gerathen könnte, bis die ganze Wassermasse eine solche Temperatur angenommen hat, dass sie kochen kann, wie sie Bunsen einige Minuten vor der wirklich eintretenden Eruption in der That beobachtete. Der Hauptsitz der mechanischen Kraft findet sich also im Geyserwasser selbst *).

Wir haben bereits bemerkt (S. 278), dass die vulkanischen Gase auf Island nicht aus organischen Zersetzungsprocessen hervorgehen können, da ihnen alle kohlenstoffhaltigen brennbaren Bestandtheile fehlen. Dieselben entstehen vielmehr, nach Bunsen, in der Zone, wo Schwefel, der von der Einwirkung der vulkanischen Hitze auf zersetzbare Schwefelverbindungen herrührt, und Wasserdampf mit erhitztem Pyroxengestein zusammentreffen, was er durch einen Versuch bestätigte. Das Eisenoxyd wird partiell zersetzt, der Schwefel theilt sich in dessen Bestandtheile. Der Sauerstoff entweicht in der Form von schwefliger Säure (erste Periode der vulkanischen Phänomene), und das Metall bleibt im Gestein als Schwefeleisen zurück, welches mit Wasserdämpfen unter Bildung von Eisenoxyduloxyd Schwefelwasserstoff giebt. Uebersteigt die Temperatur nur wenig die angehende Glühhitze, so zerfällt das letztere in seine Elemente, man findet neben Schwefelwasserstoff freien Wasserstoff und Schwefeldampf. Wird die Temperatur dieser Zone niedriger, so tritt eine neue Phase ein, die Schwefelverbindungen des Eisens und vielleicht auch der Erde mit Alkalimetallen wirken auf den Wasserdampf; es entstehen Schwefelwasserstoff und dessen Zersetzungsproducte, freier Wasserstoff und Schwefeldampf: Processe, die entweder neben einander verlaufen oder sich in der Zeit folgen. Dies ist die zweite Periode der Solfatarenbildung. Allmälig versiegt die Quelle der schwefligen Säure, der

*) Ann. d. Chem. u. Pharm. LXII, 48.

Digitized by Google

Schwefelwasserstoff erschöpft sich und sinkt in grössere Tiefen; die saure Reaction hört auf, die alkalische tritt an ihre Stelle, die in der Bildung von Schwefelalkalien auf Kosten des noch allein wirkenden Schwefelwasserstoffs ihren Grund hat. Jetzt beginnt die Wirkung der freien Kohlensäure auf die Gesteine, es bilden sich alkalische Bicarbonate, gelöste Kieselerde und Aufbau der Geyserapparate; welches als dritte Periode betrachtet werden kann. Als Schluss der vulkanischen Metamorphose endlich finden sich nur Kohlensäurequellen.

Wasserdampf entweder für sich oder von den gewöhnlichen vulkanischen Gasen begleitet, tritt in vielen Gegenden der Erde hervor, sowohl wo die vulkanische Thätigkeit noch lebendig, als wo sie im Erlöschen ist. Es bilden sich ferner heisse und warme Quellen; und es ist natürlich, dass der Gehalt dieser Quellen an Mineralbestandtheilen, ihre Temperatur und die Art ihres Auftretens mannigfaltigen Modificationen unterworfen sein müssen. Solfataren, wie die von Island, giebt es an vielen Orten. Eine der berühmtesten ist die Solfatare bei Puzzuoli, die seit Langem in dem vulkanischen Districte von Neapel bekannt ist und Wasserdampf, Schwefelwasserstoff mit einem kleinen Theile von Salzsäure liefert.

Wir haben gesehen, dass vulkanische Producte im Ganzen leicht schmelzen, ungeachtet zuweilen, wo die Theilchen der Materie sich frei in einer bestimmten Weise lagern konnten, sich gewisse Mineralkörper von einem weniger schmelzbaren Charakter bildeten, und dass durch die Zersetzung von ausgeworfener Lava, Rapillen und Aschen gewisse andere Substanzen gebildet werden, wie kieselige und reinere thonige Ablagerungen von einer unschmelzbareren Art. Blickt man indessen auf die Massen im Allgemeinen, so bleiben sie leicht schmelzbar, mögen sie nun trachytisch oder doleritisch oder eine Mischung von beiden sein. Es begreift sich leicht, dass die Hitze auf Schichten von trachytischem oder doleritischem Tuff so wirken kann, dass, wenn sie auch früher verändert waren, ein beträchtlicher Flächenraum durch die Wirkung einer hinreichend erhöhten Temperatur nachgiebig wird und sich nach oben erhebt, wenn eine Kraft von unten wirkt, und dass endlich ein Riss entsteht, wo der Widerstand für die angewandte Kraft zu ungleich wird.

Dass die vulkanische Thätigkeit auf Punkte wirkt, wenn diese auch complicirt sind und von Zeit zu Zeit sich ändern, zeigen vulkanische Krater, und dass dieselbe wenigstens bisweilen während langer Perioden ihre Entladung durch dieselben Punkte oder in ihrer allernächsten Umgebung gefunden hat, wird nicht nur durch Vulkane bewiesen, welche während der historischen Zeit beobachtet worden sind, sondern auch durch diejenigen, deren Producten durch ihre Abwechslung mit anderen Ablagerungen ein geologisch bestimmbares Alter gegeben werden kann.

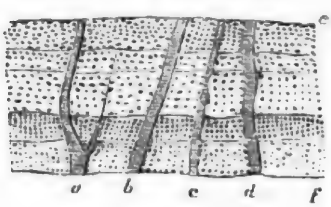
Digitized by Google

Dass die Temperatur von Vulkanen selbst äusserlich sich ändern kann, so dass der auf ihnen ruhende Schnee plötzlich schmilzt, davon haben wir Beweise in hohen nördlichen Breiten (Island) und in warmen Breiten (Cotopaxi). Da vulkanische Producte, wie Gesteine, im Allgemeinen schlechte Wärmeleiter sind, so zeigen diese Veränderungen hinreichend den verschiedenen Grad der Temperatur, welcher vulkanische Berge wenigstens zum Theil durch die Veränderungen in ihrer Grundursache ausgesetzt sind. Dass die Schichten und verschieden geformten Massen, aus denen Vulkane bestehen, einer Spannung und späterer Zerreissung ausgesetzt sind, das wird durch die Spalten in ihnen bewiesen, welche durch geschmolzene Masse ausgefüllt wurden. In der folgenden Ansicht, Fig. 131, im Val del Bove am Aetna, welche

Fig. 131.

die jetzt in Folge der Verwitterung durch atmosphärische Einflüsse vorspringende harte Lava darstellt, sehen wir, dass das ursprüngliche Volumen der früher abgelagerten vulkanischen Producte durch die Menge der so ergossenen Masse vermehrt wurde. Der folgende Durchschnitt, Fig. 132, zeigt dasselbe und findet sich nicht selten bei vulkanischen Kratern und Schluchten. In demselben stellt *e f* vulkanischen Tuff oder Lavaschichten dar, die von Gängen von Lava *a b c d* erfüllt sind, welche in Spalten eingetreten ist, die durch die Zerreissung der Schichten *e f* entstanden,

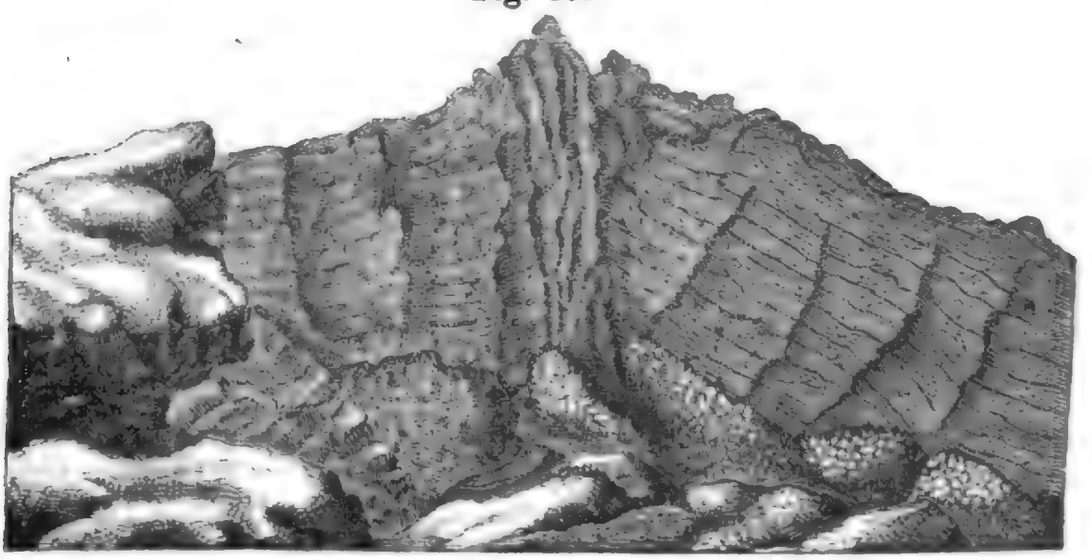
Fig. 132.



Digitized by Google

indem die Kraft von unten wirkte, so dass, während die Wände bei einigen Spalten von oben bis unten gleichweit von einander entfernt sind, sie bei *a* und *c* nach oben enger werden. In allen diesen Fällen ist die Schichtenstellung nicht weiter als durch den Bruch selbst gestört, indem sie auf jeder Seite des Ganges die ursprünglichen Ablagerungslinien einhalten. Dies braucht indessen nicht immer der Fall zu sein, wie man leicht begreift, da nach der Bildung einer Spalte, wenn die flüssige oder zähe Lava mit vieler Kraft durch den beträchtlichen Druck einer Säule von geschmolzenem Gestein sich erhebt, und eine verhältnissmässige Abkühlung des oberen Theils der Lava bei ihrem Aufsteigen stattfand, durch welche das Festwerden der Theilchen zunahm, die oberen durchbrochenen Tuff- oder Lavaschichten durch die Reibung der aufsteigenden Lava gehoben werden können, wobei diese selbst überfliesst, was häufig der Fall zu sein scheint. Von dieser Art ist wahrscheinlich die folgende Ansicht, Fig. 133, welche einen Gang darstellt,

Fig. 133.



der durch das Einstürzen eines Theils vom Krater des Vesuvs blossgelegt ist.

Man muss zunächst die Grösse und Richtung dieser Spalten beachten. Vielleicht bieten vulkanische Inseln, wie in dem Atlantischen und Stillen Ocean die günstigste Gelegenheit zum Studium vulkanischer Spalten dar, indessen kann man sie auch anderwärts beobachten *).

*) Bezüglich der Gruppe von Hawaii bemerkt Dana (*Geology of the United States' Exploring Expedition*, p. 282): 1. dass es daselbst eben so viele Spalten oder Zerreissungen in dem Ursprung der Hawaiischen Inseln giebt, als Inseln vorhanden sind; 2. dass jede Spalte am weitesten im südöstlichen Theil war; 3. dass die südöstlichste Spalte die weiteste war und das vulkanische Feuer dort am längsten anhielt; 4. dass die richtige Ordnung des Erlöschens der grossen Vulkane die folgende ist, mit Ausschluss von Molokai und Lanai, die Dana nicht besuchte. *a* Kauai, *b* westliches Oahu, *c* westliches Maui, Berg Eeka, *d* östliches Oahu, *e* nordwestliches Hawaii,

Die Spalte oder die Reihe von Spalten, welche die Seiten des Mauna Loa während des Ausbruchs der Lava im Jahre 1843 durchzogen, sind nicht nur merkwürdig wegen ihrer Länge von 25 engl. Meilen, sondern wegen der verhältnissmässig ruhigen Weise, in welcher sie sich bildeten, indem die Einwohner ihre Bildung nicht durch irgend eine Erderschütterung, sondern dadurch gewahr wurden, dass sie einen aus ihr ausfliessenden Lavastrom fanden. Eine so gebildete Spalte deutet auf eine bedeutende Erweichung der unten liegenden Gesteine, so dass bei der Bildung von selbst 25 engl. Meilen langen Rissen ein verhältnissmässig geringer Widerstand durch Cohäsion in den Gesteinen zurückblieb. Aus einer Untersuchung von Maui schliesst Dana, dass bei seinem letzten Ausbruch ein grosses Fragment dieses Vulkans abgebrochen sein muss, wodurch zwei grosse Thäler, eines von 2 engl. Meilen Breite, gebildet wurden, und durch diese grossen Oeffnungen flossen Laven aus. Hier scheint weit grösserer Widerstand und eine plötzlichere Ueberwältigung desselben durch die vorhandene Kraft stattgefunden zu haben. — Nach den vorhandenen Nachrichten war der Jorullo das Resultat einer Erhebung des Bodens, der zuletzt von einer Spalte durchsetzt wurde.

Es giebt viele Beispiele von Spalten, die thätige Vulkane durchsetzen, und aus denen Lava hervorgetreten ist. Der grosse Lavastrom vom Skaptar-Jökull im Jahre 1783 fand aus Spalten an der Basis des Berges statt. Auch am Aetna haben sich grosse Spalten gebildet, und die zahllosen untergeordneten Krater sind nichts weiter als Stellen in den zu verschiedenen Zeiten gebildeten, durch welche vulkanische Masse ausgeworfen wurde *). Ueber die Spalten des Aetna bemerkt Elie de Beaumont, dass sie grösstentheils in fast verticalen Ebenen vorkommen, die oft so den Krater schneiden, dass sie sternförmig von ihm auslaufen, wobei der untere Theil der Spalten gewöhnlich mit Lava, der höhere mit Schlacken und mit Tuff und Lavastücken gefüllt worden, die von dem oberen Theile hineingefallen sind. Er erwähnt, dass die im Jahre 1832 gebildete Spalte insofern eine Verwerfung war, als eine von den Seiten der Dislocation ungefähr 3 Fuss höher war als die an-

---

Mauna Kea, *f* südöstliches Maui, Berg Haleakala. *g* südöstliches Hawaii, Mauna Loa. Diese Reihenfolge zeigt sich, nach Dana, durch den Grad der Zersetzung auf der Oberfläche. Jedes weitere Jahr hat seit der Vollendung des Berges das Werk der Degradation fortgesetzt und der Grad derselben bezeichnet deshalb eine Zeitperiode und bietet die bestimmtesten Anhaltspunkte.

*) Es giebt 52 dieser untergeordneten vulkanischen Hügel westlich und nördlich von der Spitze des Aetna und 27 auf der Ostseite; einige davon sind mit Vegetation bedeckt, andere nackt und unfruchtbar, und ihr relatives Alter ist wahrscheinlich durch den Fortschritt bezeichnet, welchen die Vegetation auf ihrer Oberfläche gemacht hat.

Digitized by Google

dere*). Die grosse Spalte, welche im Jahre 1669 den Abhang des grossen Gipfels des Aetna und den Piano del Lago durchsetzte, zog sich aus der Nähe von Nicolosi bis jenseit des Torre del Filosofo, und soll an der Oberfläche ungefähr 6 Fuss weit gewesen sein und ein helles Licht aus der in ihr aufgestiegenen glühenden Lava verbreitet haben. Der Beobachter muss immer sorgfältig die Richtung solcher Risse oder Spalten beachten, und mit Rücksicht auf die Complication, welche aus verschiedenem Widerstand selbst in der Verlängerung derselben Spalten gegen die stattgehabte Kraft entstand, und hauptsächlich ist zu bemerken, ob die grösseren Spalten eine bestimmte Richtung in bestimmten Zeiträumen bewahren.

Elie de Beaumont hat darauf aufmerksam gemacht, dass diese Risse, die oft sternförmig den Aetna durchschneiden, und in welche geschmolzene Lava eindringt, welche dort erhärtet und zurückbleibt, eine Anschwellung oder Erhebung des Ganzen hervorbringen muss, und jede Eruption des Berges die Tendenz hat, die Masse des Vulkans zu erheben. Derselbe Schluss ist auf alle Vulkane anwendbar, die auf eine ähnliche Weise zerrissen und zerspalten sind, und die Menge der so entstandenen Lavagänge bildet bei manchen einen sehr hervorstechenden Zug. Bisweilen durchsetzen sie sich und zeigen also Zeitunterschiede, indem die aus einer Periode die aus einer anderen schneiden, und Beweise von wiederholten Rissen durch dieselbe Masse vulkanischer Stoffe liefern.

Bei der Untersuchung von manchen vulkanischen Gegenden muss der Beobachter, wie früher bemerkt, die wahrscheinlichen Unterschiede ins Auge fassen, welche in der Structur und Anordnung der Ablagerungen entstehen, wenn ein Theil oder das Ganze unter Wasser gebildet wurde. In beträchtlichen Tiefen im Ocean, jenseits derer, bei welcher eine Temperatur von 4°,16 C. stattfindet, muss nicht nur der Druck, sondern auch die Beständigkeit dieser Temperatur und die dieselbe besitzende Wassermasse beachtet werden. Angenommen, dass entweder durch die Erhebung des Meeresbodens und das Bersten einer durch die von unten wirkenden Kräfte gebildeten Anschwellung oder durch eine jener Senkungen und Hebungen der Erdoberfläche, durch welche mehr oder weniger beträchtliche Risse entstehen, eine Communication gebildet wird, so muss man sich erinnern, dass plötzlich ein grosses Wasservolumen mit einer niedrigen Temperatur eintritt, und dass nicht nur die gewöhnlichen vulkanischen Gase vom Wasser absorbirt werden, sondern dass der blosse Druck sie in den flüssigen Zustand bringen

*) *Recherches sur la Structure et sur l'Origine du Mont Etna, par M. Elie de Beaumont; Mémoires pour servir à une Description Géologique de la France.* 1838. t. IV. p. 111.

Digitized by Google

kann*). Es ist hier nicht der Ort, in die wahrscheinlichen, unter solchen Verhältnissen gebildeten Wirkungen weiter einzutreten. Es möge bloss bemerkt werden, dass, eine Verbindung und eine für die Hebung geschmolzener Lava hinreichende Kraft vorausgesetzt, so dass dieselbe aus der vulkanischen Mündung oder Spalte austritt, die nachfolgenden Wirkungen von den Geognosten sehr in Betracht zu ziehen sind. Wenn auch die intensive Hitze die Existenz der bei Vulkanen an der Luft beobachteten Dämpfe und Gase zuliess, ehe die Zerreissung stattfand, so mussten sie alsbald bei ihrem Aufsteigen verschwinden, wenn Wasser von einer Temperatur von 4°,16 C. mit ihnen in Berührung kam und das erhitzte Wasser aufstieg. Waren sie in der ausgeworfenen Lava verbreitet, so musste der grosse Druck auf die letztere seine Wirkungen auf sie ausüben, während die niedere Temperatur bald auf die äussere Flüssigkeit der Lava selbst wirkte.

Von einem solchen Zustande der Dinge bis zu geringeren Tiefen und der Oberfläche des Wassers lassen sich bedeutende Modificationen erwarten, indem feste Lava wahrscheinlich unten vorherrscht, während oben eine Beimischung von mehr schlackigen Massen stattfindet, wenn die Anhäufungen sich an die Atmosphäre erhoben. Die ganze Masse unterliegt zu allen Zeiten Rissen und Spaltungen, geschmolzene Lava steigt in den Spalten auf, nach dem jezeitigen Druck auf dieselbe und je nachdem die von Elie de Beaumont erwähnte Auftreibung fortschreitet.

Die Ausdehnung, bis zu welcher sich Schichten in verschiedenen Richtungen und in verschiedenen Zeiten um submarine, vulkanische Mündungen verbreiten können, hängt natürlich von den Umständen ab, und unter diesen ist die Abwesenheit von kegelförmigen Haufen von Aschen und Rapillen, wie sie sich durch die Emanation von Dämpfen und Gasen durch die Lava in die Atmosphäre bilden, wichtig, so dass, wenn Spalten gebildet wurden, geschmolzene Masse leichter ausfloss, in der Art, so weit es die Flüssigkeit und die Abwesenheit von Rapillen und Aschen betrifft, wie die Ströme, welche sich an den Seiten des Mauna Loa im Jahre 1843 ergossen.

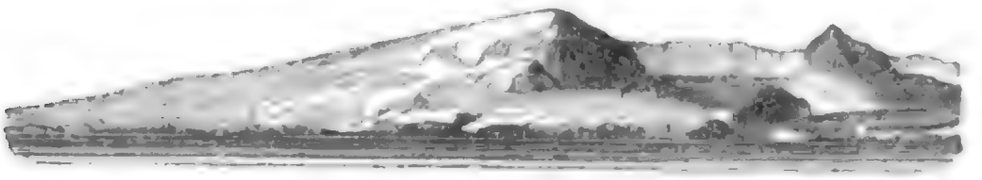
Wir haben gesehen, dass vulkanische Mündungen während langer Zeit unthätig oder geschlossen bleiben können, und dass dann Lava, Rapillen und Aschen aus ihnen ausgetrieben werden. Hier sind die wahrscheinlichen Unterschiede zu beachten, welche in solchen Fällen bei vulkanischen Ablagerungen unter dem Meere und dann über seinem Niveau entstehen können. Es lässt sich annehmen, dass unter gegebenen Wassertiefen zwar eine Tendenz zu grösserer Dicke herrschen wird,

*) Nach Faraday wird schweflige Säure unter dem Druck von zwei Atmosphären bei einer Temperatur von 7°,2 C. flüssig; Schwefelwasserstoff bei einem Druck von 17 Atmosphären bei 8° C.; Kohlensäure bei 36 Atmosphären und 0° C., und Salzsäuregas bei 40 Atmosphären und 8° C.

wo die Spalten häufiger waren und wo die Laven häufiger ausgeworfen wurden, aber demungeachtet dort solcher mechanischer Widerstand gegen die neue Anwendung einer hebenden Kraft vorhanden ist, dass eine Zunahme der Hitze einige von den früher gebildeten Ablagerungen, die grösstentheils leicht schmelzbar sind, erweichen und selbst schmelzen kann. So kann eine domförmige Masse erhoben werden, die an gegebenen Localitäten an ihrer Oberfläche nicht eher sich spaltet, bis sie gerade über dem Wasser ist, und das ruhige Aufreissen von Mauna Loa auf eine Länge von 25 Meilen zeigt uns, dass selbst bei Vulkanen an der Oberfläche Verhältnisse entstehen können, welche die Erhitzung und Erweichung einer vulkanischen Rinde bis innerhalb verhältnissmässig geringer Entfernung von dieser Kruste erlauben.

Buch, Elie de Beaumont, Dufrénoy und Andere glauben hinlängliche Beweise zu haben, dass solche domartige Erhebungen vulkanischer Producte gebildet worden sind. Wir haben früher schon erwähnt, welches zweifelhafte Ansehen die „Erhebungskrater" und die „Eruptionskrater" darbieten können. Leopold von Buch führt die Caldera auf der Insel Palma als ein gutes Beispiel eines sogenannten Erhebungskraters an. Dort ist eine Ausbuchtung oder ein Krater mit senkrechten Abstürzen von Schichten von Basalt und aus Basaltbruchstücken

Fig. 134.



bestehendem Conglomerat umgeben, die regelmässig nach aussen geneigt sind, und der nur durch einen tiefen Einschnitt an einer Seite unterbrochen ist, durch welchen ein Eingang in diesen centralen Krater stattfindet. Unter den Gesteinen wird auch weisser Trachyt und eine Mischung von Hornblende und weissem Feldspath angeführt Da dort keine Abwechslung von Schlacken oder Aschen zugegen ist und die Schichten von geschmolzenem Gesteine, wie das Conglomerat, eine gleichförmige Schichtung darbieten, so wird geschlossen, dass das Ganze unter von den gewöhnlichen eruptiven Ablagerungen eines Vulkans verschiedenen Umständen, z. B. unter Wasser, gebildet und in einer domartigen Weise erhoben wurde, bis endlich die Zerreissung stattfand, und da der geringste Widerstand in einer Richtung war, wurde der seitliche Einschnitt gebildet, und das Ganze gewährte den Anblick der birnförmigen Endigung der Spalten in Fig. 119. Elie de Beaumont*) hat eine werthvolle Beschreibung des Aetna zur Erläuterung

*) Nach E. de Beaumont ist die Ordnung der Bildungen des Aetna, wie folgt: 1. granitische Gesteine, nur durch ausgeworfene Stücke bekannt;

Digitized by Google

derselben Ansichten gegeben. Das Val del Bove zeigt eine Anhäufung von vielen hundert Schichten geschmolzener Gesteine, die etwas den modernen Laven dieses Berges gleichen, geschichtet mit anderen, die aus fragmentären und pulverigen Substanzen bestehen, die Schichten in Dicke wechselnd, von $1^1/_2$ bis mehreren Ellen, die des geschmolzenen Gesteins gewöhnlich dünner, als die fragmentären Ablagerungen. Die Oberflächen der ersteren sind rauh, und ihr äusserer Theil ist von Zellen durchdrungen bis zu der Tiefe von 8 bis 12 Zoll, weshalb Schichten von bloss 20 Zoll oder zwei Fuss Dicke durchaus zellig sind. Die dickeren Schichten sind fest in der Mitte und gleichen gewissen Trachyten, in denen Labrador den Orthoklas ersetzt. Die fragmentären Schichten sind wahre Tuffe, ihre Structur ähnlich denen, die in Cantal und Mont d'Or gefunden werden, die Bestandtheile aus denselben Substanzen bestehend, wie die geschmolzenen Schichten, bisweilen schlackig, bisweilen compact. Die Schichten des Val del Bove unduliren in verschiedenen Richtungen und wechseln von der horizontalen Lage bis zu Neigungen von 20° und 30°, ohne dass ihre Structur oder Dicke in einer dauernden Weise geändert ist. Sie werden von einer Menge von Lavagängen durchsetzt, deren Gestein dasselbe ist, wie das der geschmolzenen Schichten. Obgleich diese verschiedene Richtungen nehmen, so laufen sie doch im Allgemeinen Ost-Nord-Ost.

Die allgemeine Gestalt des Aetna sieht man aus der Ansicht Fig. 135, die aus dem Atlas von Sartorius von Waltershausen entnommen ist. Aus ihr entnimmt man das sehr geringe Steigen der ganzen Masse bis zu dem Krater, wie auch die unter dem Namen des Val del Bove bekannte Einsenkung, wo die älteren vulkanischen Ablagerungen blossgelegt sind. Während diese Ansicht die allgemeinen Umrisse des Berges zeigt, so weit es Ansichten, die ein beträchtliches Areal umfassen, thun können, so giebt der Durchschnitt von Westen nach Osten, Fig. 136, richtiger die wirkliche Gestalt des Aetna, indem er durch das Val del Bove genommen ist, deshalb beinahe quer durch den in der Ansicht dargestellten Umriss, und zeigt den steilen Absturz durch die Klippen dieser grossen Unterbrechung oder Einsenkung an der Seite des Berges.

Die centrale Masse des Aetna besteht aus zwei Kegeln, die in einander übergehen; ein innerer, der aus alten vulkanischen Producten, und ein äusserer, welcher aus modernen Ablagerungen gebildet ist. Diese beiden Kegel stehen auf derselben Achse, der alte fast östlich

---

2. Kalkige und sandige Gesteine; 3. basaltische Gesteine; 4. Gerölle, die eine Reihe von Hügeln an der Verbindung der Ebene von Catania und den ersten Abhängen des Aetna bilden; 5. alte Laven, die die Abstürze um das Val del Bove bilden, und 6. moderne Eruptionen. (S. *Mémoires pour servir à une Description Géologique de la France*, t. IV.)

Digitized by Google

von dem neuen Kegel, weshalb sie sich nicht vollständig umfassen, indem der moderne nicht ganz den alten bedeckt, und die Producte des letzteren an der Ostseite des Berges, besonders in dem Val del Bove,

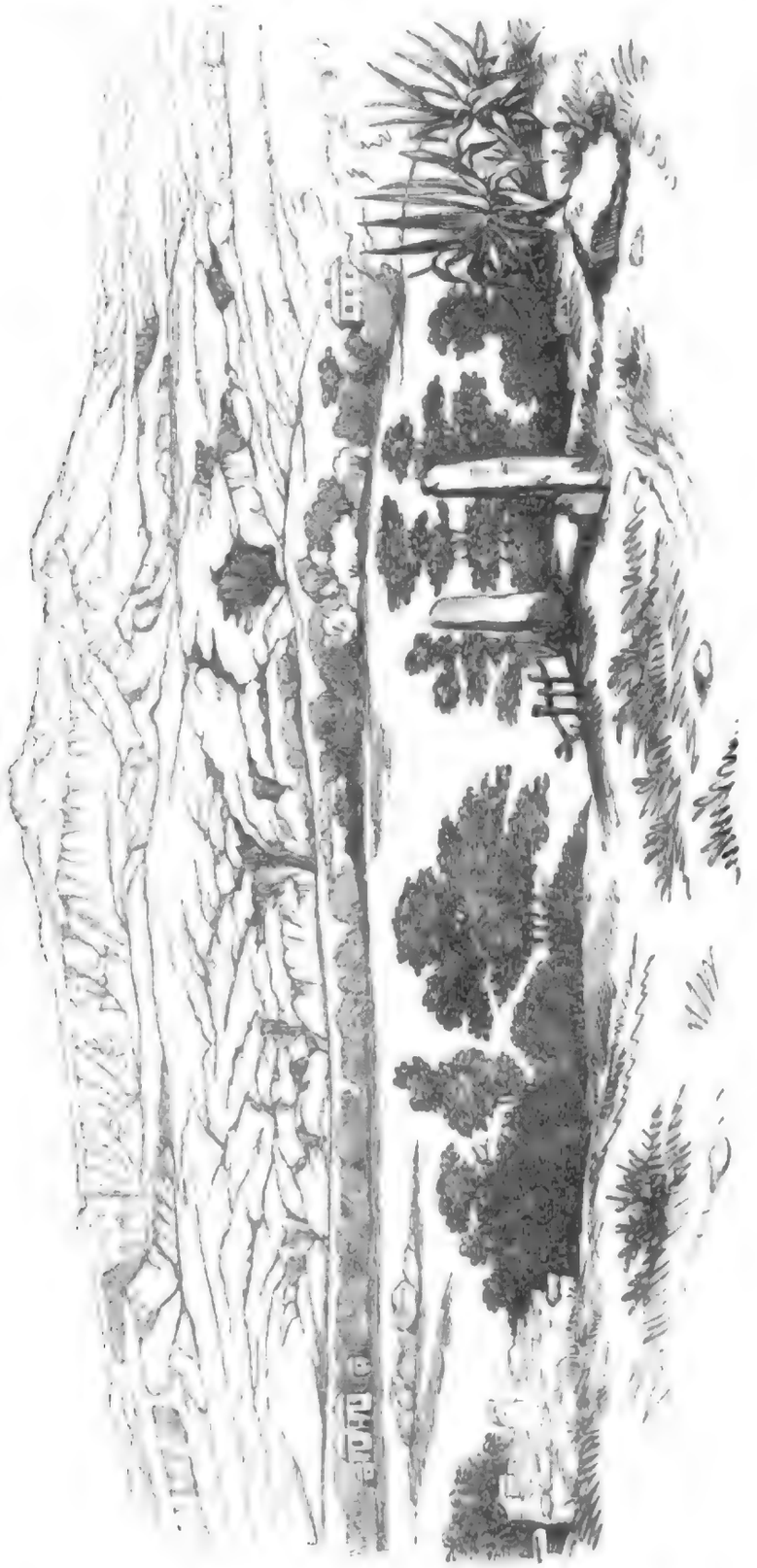


Fig. 135. Der Aetna vom Torre Archirafi.

blossgelegt sind. Elie de Beaumont stimmt mit Lyell darin überein, dass dieser beträchtliche und plötzliche Einschnitt im Aetna von einem grossen Einsturz dieses Theils des Berges herrührt, in derselben Weise, wie die viel grössere vulkanische Masse des Papandeyang auf Java im Jahre 1772, und die des Carguairazo am 19ten Juli 1698 ein-

Digitized by Google

stürzte, ein Vulkan, der früher mit seinem Nachbar Chimborazo an Grösse rivalisirte. Elie de Beaumont bespricht die Möglichkeit,

Fig. 136.

Durchschnitt des Aetna von Westen nach Osten.

a Punta Secca; *b* Giarre (203 franz. Fuss); *c* Zaffarana (1859); *d* Portella (2972); *e* Salto di Giamento (4417); *f* Rocca Musarra (4871); *g* Val del Bove (5292); *h* Cima della Valle (8808); *i* Krater (10,210); *k* Bronte (2549); *l* Fluss Simeto (1915); *m* nicht vulkanische Gesteine.

Fig. 137.

Durchschnitt des Vesuv von Süd nach Nord.

a Somma (413 franz. Fuss); *b* Atrio del Cavallo; *c* Punta del Palo (3640); *d* Aschenkegel; *f* Camalduoli (534); *g* Torre del Annunciata; *m m* Meeresspiegel.

1. Bimssteintuff der Ebene. 2. Leucitophyr der Somma. 3. Jetzige Auswürflinge.

dass die Lava, welche die alte Masse des Aetna erhob, und mit ihr die nöthige frühere Stütze des jetzt von dem Val del Bove eingenommenen Theils wieder entfernt wurde, und eine Einsenkung die Folge war. Er hält den Aetna für einen unregelmässigen Erhebungskrater, und

Digitized by Google

glaubt, dass die hebende Kraft nicht auf dieselbe einfache Weise gewirkt habe, wie auf der Insel Palma, in Teneriffa und am Monte Somma des Vesuvs. Seine Ansicht ist, dass die zuerst gebildeten Ablagerungen fast horizontal waren, und eine Reihenfolge von Spalten Wege für das Ausströmen einer sehr flüssigen Lava darboten, die sich in verschienen Richtungen umher verbreitete, in der Weise, wie es in anderen Ländern oft die Schichten des Basaltes gethan haben, besonders in Island, wobei auch Aschen ausgeworfen wurden und mit dem flüssigen Gestein abwechselten. Die hebende Kraft wirkte dann in der beschriebenen Weise auf die so gebildeten Ablagerungen.

Auf ähnliche Weise soll der unter dem Namen des Monte Somma bekannte Theil des Vesuvs der Rest eines Erhebungskraters sein, der durchbrochen worden, so dass er grösstentheils durch die Ausbrüche der neueren Zeit bedeckt wurde, und zwar hauptsächlich von denen, die auf den grossen Ausbruch im Jahre 79 folgten. Der Durchschnitt, Fig. 137, zeigt die allgemeinen Umrisse dieses Vulkans, sowie den Theil des Kegels, nämlich den Monte Somma, der vor diesem Ausbruche vorhanden war. Dufrénoy beschreibt den vulkanischen Tuff der Umgebungen von Neapel, zeigt, dass er fast ganz aus Trachyttrümmern und Bimsstein besteht, dass er zum Theil wenigstens Versteinerungen führt, und schliesst daraus, dass derselbe in Schichten unter Wasser gebildet worden ist. Derselbe Geognost bemerkt, dass der Tuff der Somma die Fortsetzung derselben Ablagerungen ist, und führt an, dass Pilla fossile Muscheln darin gefunden hat. Er wies ferner nach, dass unter den Kalksteinstücken in dem Tuff der Somma manche mit kleinen Serpulen von derselben Art bedeckt sind, wie die, welche an den Felsen an der Küste von Scilly anhängen, und dass diese Versteinerungen, da sie nicht im Geringsten verändert sind, beweisen, selbst mehr als die Lagerung des Tuffs, dass derselbe unter Wasser gebildet und später zu seiner jetzigen Höhe an dem Monte Somma erhoben wurde. Diesen Tuff mit seinen Stücken oder Geröllen von gewöhnlich zuckerartigem Kalkstein und glimmerführenden Gesteinen hält Dufrénoy sammt der mit ihm auf dem Monte Somma vorkommenden Lava für gewölbartig durch die von unten wirkenden vulkanischen Kräfte gehoben, und glaubt, dass die Ausbrüche endlich durch diese erhobene Masse ihren Ausgang fanden und den jetzigen Vesuv bildeten. Die Gesteine des Monte Somma sind verschieden von denen des Vesuvs. Während die Laven des Monte Somma krystallinischen Gesteinen, wie Granit und Trachyt, gleichen, sind die Producte des Vesuvs schlackig. Die ersteren bestehen aus Leucit, Augit, Labrador und seltenen Ausscheidungen von Olivin, während die letzteren, wenn sie dicht und krystallinisch sind, aus Krystallen des Feldspaths gebildet sind, der sich aber vom gewöhnlichen Feldspath, Albit und Labrador unterscheidet. Sie enthalten ausserdem Krystalle von grünem Augit, Olivin und wenig Glimmer. Wie die Lava und Tuff-

Digitized by Google

schichten des Val del Bove, so sind auch die Laven und Tuffe des Monte Somma von zahlreichen Lavagängen durchsetzt.

Ohne die Beispiele von abwechselnden Schichten von Conglomerat, Tuff und Lava zu vermehren, die es durch ihr Vorkommen wahrscheinlich machen, dass diese vulkanischen Anhäufungen unter Wasser statthatten, wollen wir doch die von Dana*) auf den Inseln des Stillen Oceans gesammelten Thatsachen hier erwähnen, da die Beschreibungen solcher Anhäufungen, wie die in Oahu, Maui und Tahiti grosses geologisches Interesse besitzen. Einige von den abgerundeten Massen in dem Conglomerat von Kauai haben einen Inhalt von 30 Cubikfuss, liegen gegen einander, und die Zwischenräume sind mit Geröllen und feinerem Material ausgefüllt. In Oahu giebt es feingeschichtete Tuffe, die ebensowohl, wie die Conglomerate, auf eine Bildung unter Wasser deuten. Geschmolzene Gesteine und Conglomerate kommen in Tahiti vor, und viele von den Fragmenten in den letzteren haben 6 Zoll im Durchmesser**). Auf solchen Inseln haben wir bloss die oberen Theile von Vulkanen über dem Niveau des Meeres. Was ihr Aufsteigen von solchen Orten angeht, wo sich grosse abgerundete Blöcke und Gerölle bilden konnten, so konnte die einfache Aufblähung des vulkanischen Kegels durch die früher erwähnten Ursachen die Erhebung von Strandlinien und verschiedenen Ablagerungen in geringeren Tiefen bis zu einer Höhe bewirken, die der Einfüllung von Lava in die die Masse durchziehenden Spalten proportional war und der Ausdehnung der verschiedenen Ablagerungen von Aschen, Rapillen und Laven durch die Hitze, während eine Bedeckung nach der anderen sich anhäufte, unabhängig von irgend einer von unten wirkenden grossen Gewalt, die denselben domartig erhob und vielleicht seine Seiten abwarf.

Der Geognost muss die wahrscheinliche Gestalt ins Auge fassen, welche die Schichten um vulkanische Inseln herum annehmen. Wenn manche Vulkane, die jetzt in verschiedenen Theilen der Welt im Binnenlande liegen, einst Inseln waren, so wird die Tiefe des Wassers um dieselben auf die Anordnung ihrer Mineralproducte einen bedeutenden Einfluss gehabt haben. Es lässt sich erwarten, dass die Ablagerungen, welche jetzt um und in der Nähe der Hawaiischen Inseln stattfinden, in Bezug auf ihre allgemeine Anordnung sehr von denen von Vulkanen in seichten Meeren verschieden sind. Wir beziehen uns auf die früheren Bemerkungen über Ablagerungen vulkanischer Aschen und Rapillen in Meeren ohne Ebbe und Fluth und in solchen mit Ebbe und Fluth, und

*) Dana *Geology of the United States' Exploring Expedition*, p. 239. 261. 267. 268.

**) Die Neigung dieser Schichten ist, nach Dana, vom inneren Theile der Insel nach aussen, und die centralen Gesteine sind dichter als die nach aussen und weniger blasig, mehr trachytisch und syenitisch, S. 296.

Digitized by Google

Fig. 1. Cross section of the Ohio River valley at Cincinnati, Ohio, showing the buried channel of the Ancient Ohio River. Vertical scale greatly exaggerated. (Modified from Stout, Dunham, and Ver Steeg, 1937, p. 1.)

Fig. 2. Cross section of the Ohio River valley at Louisville, Kentucky, showing the buried channel of the Ancient Ohio River. Vertical scale greatly exaggerated. (Modified from Stout, Dunham, and Ver Steeg, 1937, p. 1.)

auch durch ihre Form im Allgemeinen und ihre Geschichte grosses Interesse dar. Daubeny*) glaubt zwar, dass bei dieser Insel oder vielmehr Inseln, von denen die grössere den Alten als Thera und die zweite in Grösse als Therasia bekannt war, einige Ungewissheit herrscht, ob die ganze kleine Gruppe in historischen Zeiten erhoben worden ist, dass jedoch einige beträchtliche Convulsionen vorgekommen sind, von denen schon sehr alte Schriftsteller sprechen. Welches Dunkel auch in Bezug auf die Zeit stattfindet, in welcher die Gruppe von Santorin oder Theile von ihr über das Niveau des Meeres erhoben wurden, so sind wir über die Veränderungen, welche in ihren Inseln und Inselchen durch vulkanische Thätigkeit in alter Zeit hervorgebracht wurden, wohl unterrichtet. Obgleich man dies bei jedem vulkanischen Kegel erwarten kann, der so gelegen ist, dass Bewegungen seiner Seiten oder centralen Theile, eben so wie Eruptionen die ihn bildenden Substanzen höher über das Wasser erheben, als in irgend einer früheren Zeit, oder welche auf der anderen Seite Senkungen zulassen oder selbst Oscillationen hervorbringen, die bald vulkanische Stoffe über das Niveau des Meeres bringen, bald unter dasselbe senken, so ist Santorin doch darin von Wichtigkeit, weil hier die Ueberlieferungen uns 2000 Jahre und mehr zurückführen.

Der Jetztzeit näher, wissen wir, dass ein Theil dieser vulkanischen Masse im Jahre 1573 über das Wasser erhoben wurde und einen unter dem Namen Klein Kaimeni bekannten Fels bildete; dass eine Bimssteineruption bei Santorin im Jahre 1638 statthatte, und dass im Jahre 1707 sich ein neuer Fels zwischen Klein- und Gross-Kaimeni erhob, der sich so schnell vergrösserte, dass er in weniger als einem Monat eine halbe engl. Meile im Umfang hatte, und sich 20—30 Fuss über das Niveau des Wassers erhob, und dergestalt eine dritte Insel bildete, die Neu-Kaimeni genannt wurde, ein Name, den sie noch trägt**). Einige

*) Daubeny bezieht sich auf die Angabe von Plinius, „dass 130 Jahre nach der Trennung von Therasia, die Insel Thera aufgeworfen wurde, eine Angabe, die von Justin und Plutarch in Bezug auf die Thatsache, aber nicht in Bezug auf das Datum bestätigt wird . . .“ „Auf dieses Ereigniss scheint Seneca anzuspielen, wo er von einer in dem Aegäischen Meere aufgeworfenen Insel spricht, durch eine Anhäufung von Steinen von verschiedener Grösse, die sich auf einander thürmten.“ „Plinius spricht auch von einem anderen Phänomen derselben Art, welches in seiner eigenen Zeit statthatte; denn er erzählt uns, dass während der Herrschaft von Claudius, 46 n. Chr., eine neue Insel bei Thera erschien, welche Thia genannt wurde. Aber da er erwähnt, dass dieselbe bloss zwei Stadien von Hiera entfernt ist, so ist es möglich, dass die Insel durch eine spätere Revolution mit dem letzteren verbunden wurde, wie durch die, welche aus dem Jahre 726 erwähnt wird, durch welche Hiera bedeutend grösser geworden sein soll.“

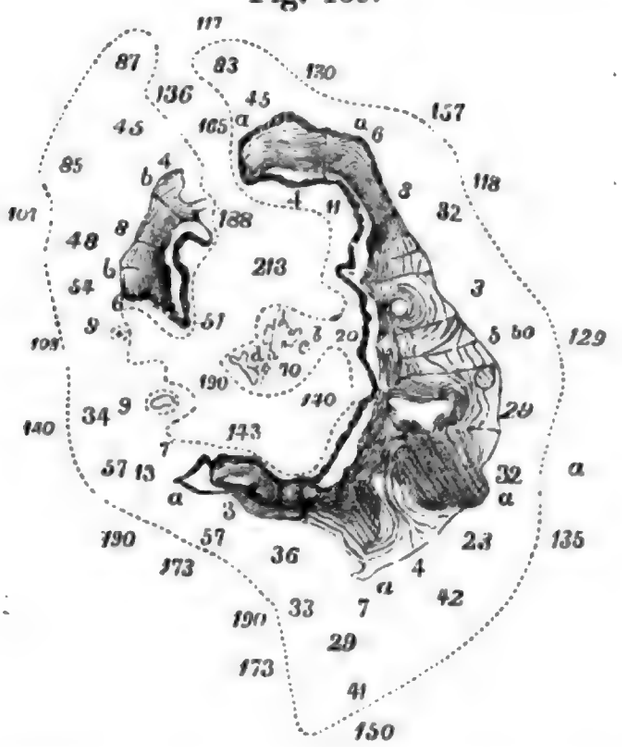
**) Nach Vater Goree, einem Augenzeugen der Erscheinung, wie sie von Scaro und jener ganzen Seite von Santorin gesehen wurde.

Digitized by Google

Leute, die auf dem erhobenen Felsen landeten, um anhängende Austern zu sammeln, waren genöthigt, ihn wegen der heftigen Erschütterung des Bodens zu verlassen. Der Anfang der Insel wurde zuerst beobachtet am 23sten Mai 1707. Im Juli begleitete schwarzer Rauch die Erhebung der Gesteine, und es scheint viel Schwefelwasserstoffgas entleert worden zu sein. Steine, Rapillen und Aschen wurden kurz nachher ausgeworfen; Schauer von den beiden letzteren verbreiteten sich über beträchtliche Entfernungen. Die vulkanische Thätigkeit währte beinahe ein Jahr in grösserer oder geringerer Stärke, ja eigentlich während 10 Jahren nach einander. Diese Thätigkeit hat auch jetzt noch nicht aufgehört, da ein von den Fischern gefundenes Riff, welches während einer kurzen Zeit auf 30 oder 40 Fuss von der Oberfläche gestiegen war, im Jahre 1829, nach Lalande, nicht mehr als 9 Fuss Wasser, aber ein Areal von 2400 Fuss Länge und 1500 Fuss Breite hatte, und der Boden sich allmälig von dem Mittelpunkte nach aussen senkte, und ungefähr zwei Monate später eine zwei Fuss geringere Tiefe von Bory de St. Vincent gefunden wurde.

Das Folgende (Fig. 139) ist eine Karte dieser Inseln mit einer Skizze der Bänke und der Gestalt des Meeresbodens, wie ihn die letzte

Fig. 139.



Aufnahme von Capitän Graves ergab. Man sieht sogleich die kraterförmige Einsenkung in dem Mittelpunkte mit einer Tiefe von 213 Faden (1278 Fuss), ebenso die geringe Tiefe nach Westen, welche dieselbe von dem Mittelländischen Meere in jener Richtung trennt. Ebenso interessant ist der tiefe Canal, der nach Norden läuft, mit 990 Fuss Tiefe, der uns besonders an die von L. v. Buch abgebildeten und beschriebenen Krater erinnert, wo ein grosser Riss auf einer Seite ent-

Digitized by Google

standen zu sein scheint, der einen schluchtenartigen Eingang in ihr oft sonst ganz unzugängliches Innere bildet. Eine solche Gestalt wird gleichfalls den Beobachter wieder an die oben erwähnte (Fig. 276) birnförmige Endigung von Spalten erinnern, die so sehr mit dem Resultate einer von unten nach oben stattfindenden Kraftwirkung übereinstimmt. Wenn die letztere auf den Mittelpunkt der Santoringruppe ausgeübt wurde und eine Spalte sich nördlich durch den sich dort darstellenden tiefen Canal erstreckte, so hat es keine mechanische Schwierigkeit, sich eine grösstentheils durch Hitze bewirkte etwas nachgiebige Decke vorzustellen, die sich nach aussen in einer solchen Weise öffnete, dass die Hauptspalte zu einer nöthigen Trennung der Theile hinreichte, wobei eine gewisse Cohäsion noch zurückblieb.

Es ist zur richtigen Würdigung der Wirkungen, welche auf diese oder auf ähnliche Weise hervorgebracht wurden, nöthig, die ganze Masse mit Rücksicht auf ihre Verhältnisse und wahren Durchschnitte, so dass kein unnöthiges Gewicht auf Höhen oder Entfernungen gelegt wird, und ebenso die Kalksteinmassen des Eliasbergs und der Hügel nördlich davon zu betrachten, wobei zu bemerken ist, dass sich dieser Kalkstein auf der östlichen Seite der Insel verbreitet (die geraden Linien auf der Karte, Fig. 139). Es begreift sich auch leicht, und in der That deutet die wechselnde Intensität der verschiedenen Eruptionen aus derselben Mündung darauf hin, dass die Thätigkeit, welche zu einer Zeit eine beträchtliche Masse erhebt, in einer anderen späteren Zeit unfähig ist, mehr als eine centrale Bewegung in einer vulkanischen Oeffnung hervorzurufen *).

Edward Forbes und Capitän Spratt, die Santorin 1841 besuchten, geben an, dass die Bucht den Anblick eines grossen mit Wasser angefüllten Kraters darbietet, dessen Wände von Thera und Therasia gebildet werden, und die anderen Inseln spätere Bildungen in seinem Innern sind. Auf Klein-Kaimeni fanden sie, dass der aus feiner Bimssteinasche bestehende Meeresboden Versteinerungen führte **). Man erzählte ihnen, dass ähnliche Muschelschichten auf den Klippen von Santorin selbst gefunden würden. Auf der Hauptinsel stossen die vulkanischen Schichten gegen die Kalksteinmasse des Eliasberges ab, auf eine solche Weise, dass sie den Schluss rechtfertigen, dass sie auf

*) Daubeny (*Description of Volcanos*, p. 322) macht darauf aufmerksam, dass in diesem Fall, wie in vielen anderen, der Berg erhoben worden zu sein scheint, ehe der Krater existirte oder gasige Substanzen ausgeworfen wurden. Nach Bourguignon wurde erst 26 Tage nach dem Erscheinen der erhobenen Felsen Rauch bemerkt

**) Forbes erhielt folgende Muscheln: *Pectunculus pilosus*, *Arca tetragona*, *Cardita trapezia*, *Trochus ziziphinus*, *T. exiguus*, *T. Contourii*, *Turbo rugosus*, *T. sanguineus*, *Phasianella pulla*, *Turritella tricostata*, *Neaera cuspidata*, *Cerithium Lima*, *Pleurotoma gracile*.

Digitized by Google

einem Meeresboden abgelagert wurden, auf welchem der jetzige Berg als eine submarine Felsmasse sich erhob*). Die folgende, mir von Capitän Spratt mitgetheilte Ansicht giebt ein deutliches Bild von dem Inneren der Santoringruppe, von der Lage der inneren Inseln und von der Art von Schichtung, welche um die centrale Oeffnung vorkommt. (S. Fig. 140 a. f. S.)

In einer Gruppe dieser Art wird, unabhängig von Ausbrüchen durch den centralen Raum oder Krater, welche selbst in späteren historischen Zeiten stattgefunden zu haben scheinen, die Wirkung der Brandung auf die inneren Klippen, besonders auf die weicheren Substanzen, sie zu zerstören trachten und den Detritus in der inneren Einsenkung ablagern, welche als ein tiefes Loch in einem Meere ohne Ebbe und Fluth, wie es das Mittelmeer in Bezug auf geologische Wirkungen ist, betrachtet werden kann. Auf gleiche Weise bringen auch hohe Wogen, die über dem Einschnitt nach Südwesten zwischen Therasia und dem Cap Akroteri rollen, wo Aspro-Insel über die seichte Bank sich erhebt, welche die Hauptinseln verbindet (der nur leicht mit Wasser bedeckte Rand**) des vulkanischen Beckens), Detritus herein. Ablagerungen auf dem Boden der centralen Einsenkung, die in Tiefe von 960 bis 1278 Fuss wechselt, befinden sich in Ruhe, ausgenommen, was die Erhebung oder Senkung durch die dort herrschende vulkanische Thätigkeit betrifft. In Fällen, wo durch das Aufkochen des Wassers das thierische Leben vernichtet wurde, konnten durch den nach Norden geöffneten tiefen Canal wiederum leicht Keime geliefert werden, selbst von solchen Thieren, welche tiefes Wasser bewohnen, und durch diesen konnten auch die erhitzten Wasser auf der Oberfläche nach aussen fliessen, während kälteres Wasser unter ihnen einströmte. In Bezug auf die Thätigkeit der Wellen auf diesen Canal zeigt ein Blick auf die Karten des Aegäischen Meeres, dass derselbe nach Norden und Nordwesten ziemlich durch Nio, Sikino und Polykandro, und die diese Inseln verbindende Bank geschützt ist, während Siphano, Paros und Naxos noch über diese Inseln hinaus die Wirkung des offenen Meeres abhalten.

Wenn man Karten von Küsten oder Inseln untersucht, wo Vulkane vorkommen, so wird man viele Beispiele finden, wo das Meer mehr

*) Meine eigene Ueberzeugung ist, sagt Forbes, dass diese Inselgruppe einen Erhebungskrater bildet, von dem die äusseren Inseln die Reste des Kraterrandes sind, und die innere Gruppe von späterem Ursprung ist und theils aus erhobenem Meeresboden, theils aus eruptiven Stoffen besteht, die indessen unter der Oberfläche des Wassers ausgeworfen wurden.

**) Fängt man mit der Südspitze von Therasia an, so zeigen die Messungen diesen versenkten Kraterrand in einer Tiefe von 42, 36, 54, 66, 54 und 42 Fuss (Tiefen, bei welchen die Wellenthätigkeit bedeutende Störungen auf dem Grunde, besonders während heftiger Stürme, verursacht), und ein als versunkener Fels bezeichneter Punkt erhebt sich höher zwischen dem Südende von Therasia und Aspro-Insel.

Digitized by Google

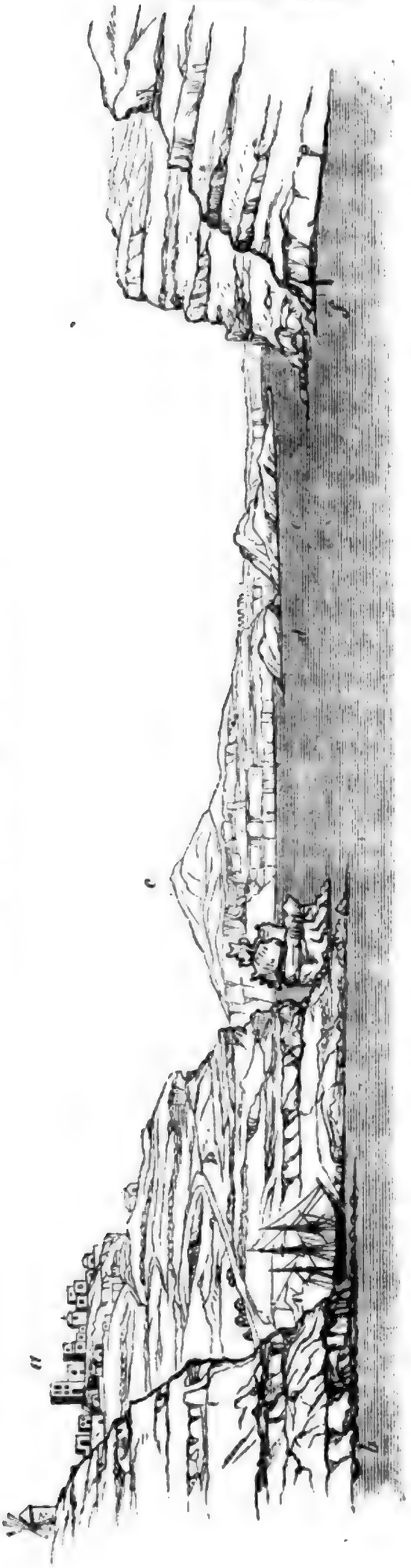


Fig. 140.

Ansicht von Santorin, vom Eingang aus.

a Apanomeria; *b* Nordwest-Cap von Santorin; *c* Elinsberg; *d* Klein-Kaimeni; *e* Neu-Kaimeni; *f* Nordost-Cap von Therasia.

oder weniger in den inneren Krater eintritt, oder wo durch eine etwas weitere Abschwemmung der übrigbleibenden Wände des Kraters durch die Wirkung der Brandung oder eine geringe Veränderung des Niveaus, wodurch ein niedrigerer Theil des Randes noch weiter herabgebracht wird, dem Meer ein ähnlicher Eingang verschafft wird. Die Insel St. Paul dient als Beispiel eines Kraters, der gerade so weit durch die Brandung geöffnet ist, dass der Theil des Beckenrandes, über welchen das Meer eintritt, bei der Ebbe fast trocken ist. Man sieht aus dem folgenden Grundriss (Fig. 141), dass diese kleine Insel, deren Länge kaum $2^1/_2$ geographische Meilen (engl.) von Nordwesten nach Südosten beträgt, die ungefähr $1^1/_2$ Meile von Nordosten nach Südwesten breit ist, und welche sich in dem Indischen Ocean zwischen dem Süden von Afrika und dem westlichen Australien erhebt, und von der das nächste Land, nämlich Madagascar, mehr als 2000 engl. Meilen entfernt ist, bloss der Gipfel eines Vulkans ist. Mit ihrem Begleiter, Amsterdam-Insel, bildet sie einen merkwürdig isolirten Punkt in einem grossen Meere, und ist ein vortreffliches Beispiel von der Hebung von vulkanischer Masse über sein Niveau. Es lässt sich erwarten, dass solche blossen Punkte leicht durch die Thätigkeit der Brandung entfernt werden können, wenn nicht harte Gesteine abgelagert sind, und der vorstehende Grundriss, Fig. 141, und die folgende Ansicht, Fig. 142, zeigen, dass ihre Zerstörung durch solche Mittel jetzt vor sich geht. Die mehrere hundert Fuss hohen Klippen scheinen die Reste der durch die Brandung zerstörten Ablagerungen zu

Fig. 141.

Fig. 142.

a Kegelfels; *b* Eingang in den kraterähnlichen See; *c* Klippe, welche gut die vereinigte Wirkung der Brandung und atmosphärischer Einflüsse zeigt; *d* dunkel gefärbtes Gestein mit einer Neigung nach dem Meere zu; *e* Durchschnitt einer dunkel gefärbten Schicht; *f* der südliche Theil der Insel.

sein, die in einer solchen Lage so unaufhörlich in Thätigkeit ist, und die Masse des Entfernten im Nordosten der Insel sieht man, wo der Ankerplatz *a* des mit der Aufnahme beschäftigten Schiffes „Fly" in jener Richtung auf der Karte als „Sand und Steinen" bezeichnet ist, und

Digitized by Google

über welchen hinaus nach dem Meere zu die Tiefe plötzlich zunimmt. Die grösste Höhe der Insel ist 820 Fuss. Der Kegelfels *a* (Fig. 142) ist bloss ein härterer Theil, der von der Brandung verschont geblieben ist, und es lässt sich erwarten, dass, wenn die jetzige Brandung fortfährt, zerstörend auf die St. Pauls-Insel zu wirken und keine neue Eruption Material hinzufügt, mit der Zeit bloss solche Stellen über dem Wasser bleiben, um die frühere Thätigkeit eines vulkanischen Kraters zu bezeugen, dessen Wände sich meist mehrere hundert Fuss über das Niveau des Meeres erhoben *).

Bei der Untersuchung über Ursachen und Wirkungen der Vulkane ist die Kenntniss ihrer Verbreitung über die Erdoberfläche von grosser Wichtigkeit. Es begreift sich auch leicht, dass unabhängig von den Modificationen die in localen Verhältnissen ihren Grund haben, so dass dieselbe Mündung zu einer Zeit mit verschiedener Intensität thätig, und zu einer anderen Zeit erloschen ist, grosse allgemeine Verhältnisse so dauernd verändert werden können, dass eine einmal durch vulkanische Thätigkeit ausgezeichnete Gegend vollständig es zu sein aufhört, so dass eine sehr beträchtliche Modification in einem solchen Theile der Erdrinde stattfinden muss, damit diese Thätigkeit abermals wiederkehre. In Folge solcher complicirten Verhältnisse wird es fast unmöglich, thätige Vulkane von den sogenannten erloschenen zu trennen, da wir nicht sicher wissen, ob viele von den letzteren in der That erloschen sind und nicht in einem nur verhältnissmässig ruhigen Zustand. Es ist deshalb mehr der Bequemlichkeit als des Princips wegen geschehen, dass man Vulkane, von denen man weiss, dass sie thätig waren, von solchen trennt, wo dies nicht der Fall ist, obgleich die letzteren oft die Form bewahren können, welche sie bei Eruptionen und Lavaergüssen an der Luft annahmen, indem atmosphärische Einflüsse solche Formen nur wenig verändert haben. Diese Eintheilung ist zwar in dem jetzigen Zustande unserer Kenntnisse bequem, darf aber den Beobachter nicht irre führen, was indessen nicht zu befürchten ist, wenn er vulkanische Thätigkeit und überhaupt feuergebildete Producte in ihrer allgemeinen Bedeutung während der langen geologischen Zeit betrachtet, über welche wir Nachrichten besitzen.

Man hat längst die Bemerkung gemacht, dass thätige Vulkane hauptsächlich im Allgemeinen, wenn auch nicht in jedem Fall, im oder in der Nähe vom Ocean oder von Binnenmeeren gelegen sind, ein Umstand, der auch in Bezug auf ihre Producte, besonders der Wasserdämpfe

---

*) In der mitgetheilten Ansicht ist dem Anschein nach eine Schichtung von verschieden gefärbten Gesteinen, vielleicht von Lava und Tuff. Während der Abspülung durch die Brandung wurden diese natürlich je nach ihrer relativen Härte und Lagerung verschiedentlich betroffen.

und vieler Gase von Wichtigkeit ist. Es ist hier nicht der Platz, in die Hypothesen einzugehen, die man sich in Folge davon gebildet hat, und es genügt, auf einige Punkte aufmerksam zu machen, welche für das Studium des Gegenstandes von Wichtigkeit sind. Zuerst die Thatsachen. Blickt man auf eine Karte, auf welcher die jetzt als thätig betrachteten Vulkane aufgezeichnet sind, so finden wir sie in dem Ocean, welcher Amerika von Europa und Afrika trennt, an gewissen Punkten oder Gruppen von Jan Mayen's Insel nördlich durch Island, die Azoren, die Canarien und Inseln des grünen Vorgebirgs, Ascension und Trinidad im südlichen Atlantischen Meer bis Tristan d'Acunha. Auf einer Seite dieses Meeres bietet sich die Reihe der westindischen Vulkane dar. In dem Indischen Ocean finden sich die etwas zerstreuten Inselgruppen von Bourbon, Mauritius, Rodriguez und die kleinen isolirten Punkte von St. Paul und Amsterdam. In den centralen Theilen des Stillen Oceans sind die Gruppen von Hawaii, die Markesen und die Gesellschaftsinseln nebst der Osterinsel. Im Norden desselben Oceans ist die Reihe der Aleuten, mit einer Richtung von WSW. nach ONO. nach dem nordwestlichen Amerika. Im Westen der Aleuten findet sich eine Reihe von Vulkanen, die mit den hohen Kegeln von Kamtschatka beginnen, und in einer südwestlichen Richtung durch die Kurilen nach Japan und darüber hinaus gehen. Südlich von den letzteren in einer Richtung von Norden nach Süden finden sich die Vulkane der Boninsinseln und Marianen. Im Südosten von Japan beginnt eine Reihe von Vulkanen, die sich über Formosa und die Philippinen und in Gestalt einer Fischangel an der Nordostspitze von Celebes, Gilolo, den vulkanischen Inseln von Neu-Guinea und Timor, Floris, Sumbava, Java und Sumatra nach der Barreninsel hinzieht, wo ein centraler thätiger Kegelberg sich aus dem Wasser erhebt, welches an einer Seite austritt, und der von Wasser und weiterhin von einem Mantel von Felsen umgeben ist. Es ist diese Barreninsel ein Beispiel von einem Eruptionskegel in der Mitte eines Erhebungskegels. Sie unterscheidet sich von Santorin nur dadurch, dass in der Barreninsel ein thätiger

Fig. 143.

Ansicht der Insel Barren im Golfe von Bengalen.

Digitized by Google

Krater im Inneren der Bucht fehlt, und von dem Monte Somma hauptsächlich durch ihr niedrigeres Niveau, wodurch der Kraterboden unter den Spiegel des Oceans kommt. Weiterhin zieht sich von Neu-Guinea an ein Gürtel von Vulkanen, der sich über Neuseeland bis zu den im südlichen Eismeer entdeckten thätigen Vulkanen Erebus und Terror hinzieht. Im Stillen Ocean findet sich noch die Gruppe der Galapagos-Inseln an der Küste von Quito.

Was die Vulkane auf Continenten angeht, so bilden die Vulkane von Südamerika bei Weitem die wichtigste Reihe. Sie beginnen mit der langen Reihe der Vulkane von Chili, von denen mehrere sich zu beträchtlicher Höhe über das Meer erheben. Darauf folgt eine Unterbrechung und es folgen dann die Vulkane in den Anden von Quito, unter denen der Cotopaxi einer der wichtigsten ist. Jenseits des Isthmus von Darien kommen die Vulkane von Guatemala und auf dieselben weiter nach Norden die von Mexico. Weiterhin werden die Vulkane in Nordamerika seltner; es werden nur wenige in Californien, am Columbia, auf der Insel Sitka und im Russischen Nordamerika erwähnt, wo sie sich mit der Reihe der Aleuten verbinden. Auf dem Continente von Afrika sind keine thätige Vulkane bekannt; der Jebell Tarr im Rothen Meer gehört so gut zu Asien wie zu Afrika. In Bezug auf das Innere Asiens scheint die grosse Masse dieses Continents ohne thätige Vulkane zu sein. Obgleich Zweifel hinsichtlich derselben existiren, so verdienen doch die Angaben darüber alle Aufmerksamkeit, und zahllose warme Quellen, die sich daselbst finden, stehen vielleicht im Zusammenhang mit vulkanischer Thätigkeit.

Es geht hieraus hervor, dass die Verbindungen des Inneren der Erde mit ihrer Oberfläche sich hauptsächlich im und in der Nähe des Meeres finden. Die Vulkane von Mexico und die von Centralasien, wenn dieselben wirklich existiren, bilden hiervon die Hauptausnahmen. Was die ersteren angeht, so hat man bei der Annahme der Nothwendigkeit des Wassers für die vulkanische Thätigkeit vermuthet, dass vielleicht eine Verbindung längs einer grossen Spalte existirt, die sich von Osten nach Westen durch Mexico erstreckt, auf der sich der Colima, der Jorullo, der Pococatepetl und der Orizaba befinden. Centralasien mag früher von einem grossen Binnenmeere eingenommen worden sein, welches dem vulkanischen Heerde das Wasser lieferte, wie dies jetzt mit den vulkanischen Districten des Mittelmeeres der Fall ist.

Wenn die Gegenwart von Wasser bloss als eine secundäre Ursache der vulkanischen Thätigkeit betrachtet wird, so folgt, dass während der Niveauveränderungen über einen grossen Theil der Erdoberfläche zu einer Zeit das Wasser leicht einen Zugang in grosse Spalten oder Oeffnungen irgend einer Form finden kann, in einer anderen nicht. Dies kann zur Umwandlung thätiger vulkanischer Gegenden in die sogenannt erloschenen beitragen, unabhängig von dem Aufhören von

Digitized by Google

anderen und vielleicht allgemeineren Verhältnissen, in denen die vulkanische Thätigkeit ihren Grund hat. Wenn wir die verschiedene Menge festen Landes in Erwägung ziehen, welches durch Veränderungen in dem relativen Niveau von Meer und Land, wie wir sie oben von England erwähnt haben (s. S. 235), über die Oberfläche kommt, so kann Frankreich zu einer Reihe von Inseln werden, bei welchen das Meerwasser zu einer Zeit leichteren Zutritt zu einem vulkanischen Heerde hat als zu einer anderen. So könnte, wenn dieser Zufluss in der That nöthig ist, und derselbe durch Veränderungen, welche das Meer weiter entfernen, unterbrochen wird, eine Gegend, welche in einer Periode thätige Vulkane besitzt, in einer anderen bloss erloschene Krater haben. Dies braucht aber selbst dann nicht nothwendig immer die wirkliche Ursache der Veränderung zu sein, da auch die allgemeinen Bedingungen, welche die vulkanische Thätigkeit in solchen Districten hervorgerufen haben, erschöpft sein können, so dass ihre Thätigkeit erlosch, mag nun der Zufluss des Wassers sich verändert haben, oder nicht.

Was nun auch die Ursache gewesen sein mag, dass vulkanische Feuer aufgehört haben, so giebt es ganze Districte, unabhängig von solchen, in denen noch zum Theil thätige Vulkane existiren oder wenigstens in historischen Zeiten existirt haben, welche deutlich zeigen, dass vulkanische Thätigkeit in ihnen in einer nicht entfernten geologischen Zeit existirt hat, indem man Haufen von Rapillen und Aschen nebst Lavaströmen findet, die noch so frisch sind, als wären sie eben ausgeworfen worden. Die Auvergne im Inneren von Frankreich ist seit einem Jahrhundert als eine Gegend von erloschener vulkanischer Thätigkeit bekannt. Diese scheint eine lange Zeit hindurch angedauert zu haben, und verschiedene Communicationspunkte zwischen dem Erdinneren und der Atmosphäre in verschiedenen Zeiten entstanden zu sein. Nächst der Auvergne finden sich ähnliche Ablagerungen in Frankreich im Cantal, dem Velay, dem Vivarais, den Cevennen und in der Nachbarschaft von Marseille und Montpellier. In Deutschland sieht man sie an der Eifel, dem Siebengebirge u. s. w. Ungarn, Siebenbürgen und Steiermark haben ihre trachytischen und andere feuergebildete Producte. Erloschene vulkanische Thätigkeit findet man in Spanien und Sardinien; in Italien giebt es sowohl erloschene als thätige Vulkane, ebenso in Griechenland mit Einschluss seiner Inseln. Erloschene Vulkane finden sich in Kleinasien, und besonders in dem grossen Districte der Katakekaumene. In Bezug auf Palästina hat man die Zerstörung von Sodom und Gomorra vulkanischen Ausbrüchen zugeschrieben; auch findet man daselbst Spuren an anderen Orten, ebenso in Persien und den benachbarten Ländern.

In verschiedenen Theilen der Erde, sowohl da, wo keine deutlichen mit Aschen und Rapillen vermischten Lavaströme in kegelförmi-

Digitized by Google

ger Anhäufung oder mehr flacher Ausbreitung vorkommen, als dort wo sich thätige oder erloschene Vulkane finden, kommen gewisse Gesteine vor, denen man den Namen Basalt gegeben hat. Bei dem Gebrauch dieses Namens hat man nicht immer Sorge getragen, dieselbe Mischung chemisch und mineralogisch zu unterscheiden, so dass schon in Bezug auf die Schmelzbarkeit Substanzen dieser Art ziemlich wesentlich differiren *). Feinkörnige Varietäten von Grünstein, namentlich die sogenannten Diabase, sind oft Basalt genannt worden. Wesentlich für ihn ist, dass er ein dichtes schwarzes Gestein ist, das ein inniges Gemenge von Labrador, Augit, Magneteisen und einem Zeolith darstellt, und gewöhnlich Olivin enthält. Ihm nahe verwandt ist der Dolerit, ein Gemenge von Labrador und Augit, nebst titanhaltigem Magneteisenerz. Früher glaubte man, dass Hornblende nicht mit Augit in den Basalten und Doleriten vorkomme, dies ist aber nicht der Fall, obgleich nicht gerade häufig. Die chemische Zusammensetzung der Basalte wechselt im Ganzen sehr, da auch viele Gesteine hierher gezogen, die als Verbindungen von zwei Grundmischungen in unbestimmten Verhältnissen zu betrachten sind. Es gelten hier dieselben Verhältnisse, wie sie für die Gesteine Islands erwähnt wurden (s. S. 305), und es ist ohne Zweifel der bei jenen von Bunsen mit so vielem Erfolge betretene Weg, der uns über die bei dem Auftreten der Basalte in vielen Ländern vorkommenden Unterschiede Aufschluss verschaffen wird.

Die Basalte bedecken bisweilen in ausgedehnten Schichten grosse Flächenräume, bisweilen sind sie mit gewöhnlichen vulkanischen Producten vermischt, die also unter verschiedenen Verhältnissen ausgeworfen zu sein scheinen. Bisweilen ist der Basalt sehr blasig, bisweilen sehr dicht. Diese Arten des Vorkommens beobachtet man über Flächenräume von verschiedener, oft grösserer, oft kleinerer Ausdehnung.

In Bezug auf das relative Alter des Basaltes finden wir ihn angeführt unter den alten wie unter den neueren vulkanischen Producten von Centralfrankreich, unter den neueren des Vivarais, wie unter denen der Eifel. Man findet ihn gemischt mit den alten vulkanischen

*) Bei Versuchen über die Schmelzbarkeit der Gesteine, die oben erwähnt wurden, fanden wir wesentliche Unterschiede in der der sogenannten Basalte. Angenommen, dass Veränderungen durch die verschiedenen Verhältnisse, unter welche ursprünglich ähnliche Substanzen gekommen sind, hervorgerufen werden, so dass ihnen einmal gewisse Substanzen entzogen wurden, andere Male neue hinzugekommen sind, so giebt es doch immer noch offenbar ursprüngliche Verschiedenheiten. De Saussure giebt an, dass Basalt bei 76° Wedgwood schmilzt. Die Versuche von James Hall (*Transact. Royal Soc. of Edinburgh vol. V.*) zeigen, dass Whinstone oder sogenannter Basalt aus der Nachbarschaft von Edinburgh bei einer Temperatur von 28° bis 55° Wedgwood weich wurde, eine Hitze, die, nach Daubeny, geringer ist wie die des Inneren eines gewöhnlichen Glasofens.

Digitized by Google

Gesteinen des Siebengebirges, und auch von späterem Datum in demselben Districte. Basalt kommt unter den älteren feuergebildeten Gesteinen von Island vor. Er findet sich ferner in vielen Theilen der Erde, wo sein Alter nicht so klar ist, und bildet bisweilen die isolirten Spitzen von Hügeln, ruht auf anderen Gesteinen und deutet mitunter auf eine beträchtliche theilweise Zerstörung irgend einer grossen Schicht dieses Gesteins. Dies ist der Fall mit den basaltischen Hügeln in einigen Theilen von Deutschland. Der grösste von Basalt eingenommene Flächenraum scheint sich in Indien zu befinden, wo Gesteine dieser Classe einen Raum von 200,000 (engl.) Quadratmeilen einnehmen. In Irland ist der aus diesem Gestein bestehende Riesenweg und der Basalt der Nachbarschaft seit langer Zeit berühmt. Ebenso die Insel Staffa unter den Hebriden, wo er in kleinerem Maassstabe auftritt. Im Norden Irlands fand die Eruption nach der Bildung der Kreide desselben Districtes Statt, aber es ist nicht ganz klar, in welchem Theil der Tertiärzeit dieses der Fall war.

Die kugelförmige und säulenförmige Structur nimmt man bei diesen Gesteinen besonders häufig wahr, obgleich dieselbe unter den feuergebildeten Gesteinen keineswegs auf dieselben beschränkt ist. Im kleineren Maassstabe sieht man die Kugelstructur bei manchen vulkanischen Gesteinen, und ebenso bei künstlichem Glas. Bisweilen ist diese Structur bei dem Basalt unregelmässig, wie man bei der Zersetzung des Gesteins sieht, so dass das Ganze das Ansehen von Kugeln von verschiedener Grösse hat, die ohne Ordnung auf einander gehäuft sind; zuweilen herrscht eine grosse Regelmässigkeit und die Kugeln sind entweder über einander in grossen Sphäroiden zusammengehäuft oder drücken so auf einander, dass bisweilen sehr symmetrische Prismen gebildet werden. Im Jahre 1804 zeigte Gregory Watt durch seine Versuche an Basalten, dass, wenn bei der Abkühlung einer geschmolzenen Masse dieses Gesteins diese Structur sich entwickelt und zwei Sphäroide in Berührung kommen, keine Durchdringung stattfindet, sondern die beiden Körper sich gegenseitig drücken und durch scharf begrenzte und rostfarbene Ebenen begrenzt werden, und dass, wenn mehrere Sphäroide zusammen kommen, dieselben Prismen bilden.

Fig. 144.

Watt schloss hieraus, dass in einer einfachen, aus einer unbestimmten Zahl in oberflächlicher Ausdehnung bestehenden Schicht von undurchdringlichen Sphäroiden mit fast gleich weit von einander entfernten Mittelpunkten, wenn ihre Peripherie in derselben Ebene in Berührung kommt, durch ihre Wirkung auf einander sich Hexagone bilden, und dass, wenn diese unten Widerstand finden und keine Gegenwirkung über ihnen stattfindet, sie sich nach unten weiter ausdehnen

Digitized by Google

und hexagonale Prismen bilden, deren Länge bei Weitem grösser als ihr Durchmesser ist. Je weiter die Enden der Radien von dem Mittelpunkt entfernt sind, desto paralleler werden sie sein; und die Structur würde sich endlich durch fast parallele Fasern fortziehen, die sich immer noch in den Grenzen der hexagonalen Prismen hielten, mit denen ihre Bildung anfing, und die Prismen könnten sich auf diese Weise bis zu einer unendlichen Länge in die ungestörte innere Masse der Flüssigkeit fortsetzen, bis ihre Structur durch den vorwiegenden Einfluss einer entgegenwirkenden Ursache gestört würde.

Es erfordert sorgfältiges Studium dieser Classe von Gesteinen, besonders in einem zersetzten Zustande, um zu ergründen, in wie weit die Ansicht von Watt Anwendung findet. Wo eine Ebene einer Basaltschicht der Abkühlung ausgesetzt war, so dass die sphäroidalische Structur sich zuerst in ihr auf die angegebene Weise entwickelte, und wo keine sphäroidalischen Körper in der übrigen Masse des Gesteins sich bildeten, und die Ausdehnung des ursprünglichen Sphäroids beeinträchtigen konnten, hat diese Ansicht, wenn das letztere Raum für seine Entwickelung fand, keine Schwierigkeit. In den basaltischen Gangausfüllungen, welche an manchen Orten sehr gewöhnlich sind, und wo die Wände der Spalten, die einst mit dem geschmolzenen Gestein gefüllt wurden, gleiche Verhältnisse der Abkühlung darboten, sieht man bisweilen, wie in dem Durchschnitt Fig. 145, dass die Prismen in rechten Winkeln auf dem durchbrochenen Gestein *bc* stehen, als wenn jede Lage an den Seiten *de* begonnen, und erst im Inneren *af* eine undeutliche Structur eintrat, da dort die Bedingungen zur Entwickelung der prismatischen Structur nicht stattfanden. Bisweilen sind auch die inneren Theile eines Basaltganges prismatischer als die Seiten, als wenn die Abkühlung an den Seiten zu rasch für die Bildung der Prismen gewesen wäre. Dann gehen die Prismen mitunter von einer Wand zur anderen, als wenn künstlich geschnittene prismatische Felsblöcke in der Spalte auf einander geschichtet worden wären. Auch in Fällen, wo man keine Spur von Säulengliedern sieht, wie in dem folgenden Durchschnitte, Fig. 146, wo die Säulen *c* sich in rechten Winkeln von dem sie tragenden Gestein *ab* erheben, und die Prismen bis zu 100 Fuss und mehr hoch sind, hat eine ursprüngliche untere Ab-

Fig. 145.

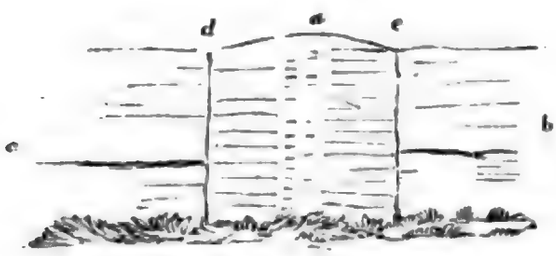
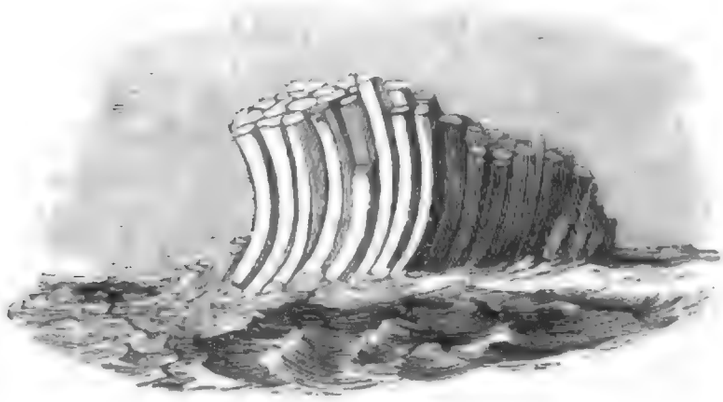


Fig. 146.

Digitized by Google

kühlungsfläche die Prismen hervorgebracht. Auch bei jenen gekrümmten Basaltsäulen, wo, wie in Figur 147, keine weiteren Gliederungen, selbst an der Wetterseite des Gesteins, stattfinden, lässt sich annehmen, dass eine Tendenz einer ursprünglichen Reihe von Sphäroiden zur grösseren Entwickelung in einer Richtung, als in einer anderen durch irgend eine locale Ursache, sich so fortsetzte, dass die Curve im Ganzen entstand.

Fig. 147.



Die Gliederung der Prismen kann zwar unzweifelhaft, nach der Ansicht von Gregory Watt, sich dadurch bilden, dass bei der Fortsetzung der strahlenförmigen Anordnung der Theile eine Pause entsteht, wodurch die eigentlich ursprünglich concentrische Decke einer sphäroidalen Masse zu einer etwas flachen Ebene durch die Prismen wird, so dass man die folgende Structur (Fig. 148) dadurch erklären könnte; man sieht aber bisweilen Thatsachen, wo die Zersetzung der Glieder auf die Bildung von besonderen Ausstrahlungsmittelpunkten deutet. Gewisse Glieder von der grossen Schicht prismatischen Basaltes, die sich ins Meer neigend, den wohlbekannten Riesenweg im Norden von Irland bildet, scheinen diese Ansicht zu bestätigen. Diese Glieder haben noch kleinere Nebenstücke a, a, a (Fig. 149), welche die Ecken ausfüllen und so die Vorstellung geben, als wenn jedes Glied eine getrennte Kugel gewesen wäre und die kleineren Stücke die Lagerung der Theilchen in den Ecken vervollständigten, indem eine Kugel gegen die andere drückte und Räume zur Ausfüllung übrig blieben. Bisweilen bilden die kleineren Stücke einen grösseren Theil von den scharfen Winkeln der Prismen, wie in Fig. 150 dargestellt ist.

Fig. 148.

Fig. 149.

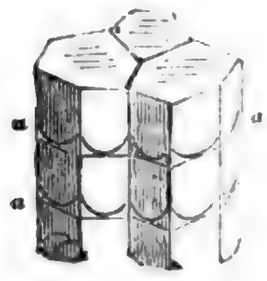
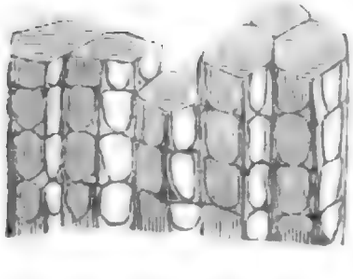


Fig. 150.

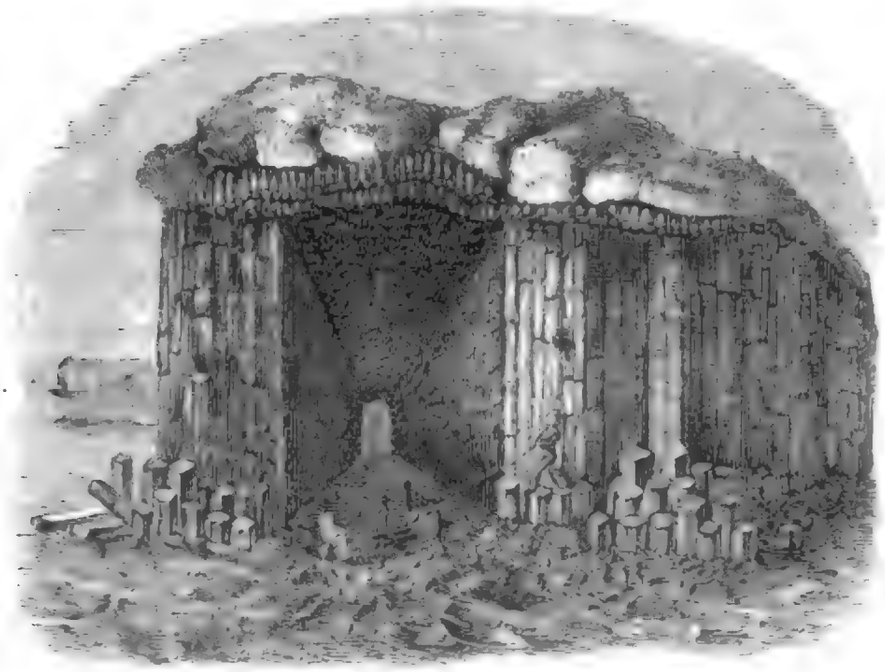


Von der Verschiedenartigkeit der Verhältnisse, unter welchen Ergüsse geschmolzenen Gesteins in einer und derselben Zeit aus derselben allgemeinen Oeffnung oder einem System von Oeffnungen hervorbrachen, die die prismatische Form annahmen, und zu einer an-

Digitized by Google

deren Zeit keine Tendenz zu dieser Structur hatten, davon liefert der Riesenweg und der benachbarte District im Norden von Irland treffliche Beispiele. Dieselbe Abwechselung von prismatischem und mehr festem Basalt findet man auf der Insel Staffa, wo, wie die folgende

Fig. 151.



Fingalshöhle auf Staffa.

Skizze zeigt, die Thätigkeit der Brandung des Atlantischen Oceans die berühmte Fingalshöhle gebildet hat.

Salsen oder Schlammvulkane.

Oft werden Mineralstoffe gehoben und auf der Oberfläche der Erde unter Begleitung von Dämpfen und bisweilen brennbaren Gasen auf eine Weise ausgeworfen, welche so von der früher erwähnten vulkanischen Thätigkeit sich unterscheidet, oder eine Modification davon bildet, dass diese eine besondere Aufmerksamkeit verdienen. Bei den Veränderungen, die während der Modification der gewöhnlichen vulkanischen Thätigkeit statthaben, kann es leicht stattfinden, wie wir gesehen haben, dass nur Wasserdämpfe und gewisse Gase aus alten vulkanischen Mündungen austreten, und Schlammmassen ausgeworfen werden. In diesen Fällen zeigen die Gase den Zusammenhang zwischen vulkanischer Thätigkeit mit einer sehr allgemeinen Aehnlichkeit an vielen Orten der Erdoberfläche und den untersuchten Orten, besonders wenn vulkanische Gesteine in der Nachbarschaft vorkommen. Indessen ist eine grössere Aufmerksamkeit auf diese Erscheinungen nöthig, als man bisher darauf verwandt hat, da ziemlich ähnliche Erscheinungen durch verschiedene Mittel hervorgebracht werden können. Während eine Modification der vulkanischen Thätigkeit manche von diesen Salsen oder Schlammvul-

Digitized by Google

kanen, wie man sie genannt hat, mit der allgemeinen Ursache dieser Thätigkeit verknüpft, so können andere von Ursachen abhängen, welche zwar Wirkungen von localer Wichtigkeit hervorbringen, indessen kaum in Bezug auf die Erdkruste von grossem geologischen Einflusse sind, während sie Beachtung verdienen, indem sie Veränderungen in der Beschaffenheit der Materie darthun, welche selbst beschränkte Theile der Ablagerungen auf der Erdoberfläche zusammensetzt. Was die Gasemanationen betrifft, so findet man sie nicht nur in solcher Verbindung mit vulkanischen Gegenden, dass ihr Ursprung kaum bezweifelt werden kann, sondern auch in Localitäten, wo diese Thätigkeit entweder nicht offenbar ist, oder wo ihnen ein anderer Ursprung nachgewiesen werden kann. Von der letzteren Art sind jene Ausströmungen von Kohlenwasserstoff, welche sich in manchen Steinkohlendistricten finden, und zwar bisweilen in solcher Menge, dass das Gas technisch verwendet werden kann. In diesen Fällen zeigt uns unsere Erfahrung bei der Gewinnung der Steinkohle, dass solche Gase reichlich aus gewissen Kohlenschichten und den damit vorkommenden Kohlenschiefern sich bilden, als Resultat einer Zersetzung dieser Körper, durch welche neben anderen Veränderungen ein Theil des Kohlenstoffs und Wasserstoffs in einem gasförmigen Zustande entbunden wird. Dass Spalten oder andere natürliche Canäle in den Gesteinen dieses Gas an die Oberfläche ausströmen lassen und dass bei der Fortdauer der Ursachen solche Gasemanationen während einer langen Zeit andauern, lässt sich erwarten. Emanationen von Kohlenwasserstoff sind aus den Kohlendistricten von Europa und Amerika wohl bekannt.

Wenn Schichten von Braunkohle, Steinkohle oder stark mit bituminösen Substanzen geschwängerte Schiefer erhitzt werden, so dass diese Substanzen unter ähnliche Verhältnisse kommen wie die Kohle in Gaswerken, so lassen sich Resultate erwarten, in Uebereinstimmung mit dem Widerstande gegen das Ausströmen des Gases, den die benachbarten oder aufgelagerten Gesteinsmassen darbieten, und mit der weiteren Kraft, die von Dampf ausgeübt wird, welcher von dem in den Gesteinen verbreiteten Wasser herrührt, wobei derselbe bisweilen keine unbedeutende Gewalt zur Besiegung des Widerstandes ausübt. In solchen Fällen darf die durch die Zersetzung von Schwefelkiesen, die so oft in kohligen und bituminösen Ablagerungen verbreitet sind, bei einem hinreichenden Zutritt von Luft und Wasser erzeugte Hitze kaum ausser Acht gelassen werden. In der That ist das gewöhnlich sogenannte Verbrennen von bituminösen, in Klippen blossgelegten Schiefern, in welchen leicht zersetzbare Schwefelkiese verbreitet sind, hinreichend, auf die Wichtigkeit dieses Umstandes aufmerksam zu machen, wenn auch die früher gehegten Ansichten über die Wirkungen solcher Ursachen übertrieben waren.

Die Gegend von Baku, einem Hafen des Kaspischen Meeres, ist

Digitized by Google

sehr lehrreich durch Emanationen von brennbaren Gasen und durch das Vorhandensein einer Classe von Salsen oder Schlammvulkanen. Jener District ist mit Bergöl und Naphtha in einem solchen Grade imprägnirt, dass die Einwohner von Baku kein anderes Brennmaterial verwenden. Ungefähr zehn englische Meilen nordöstlich von der Stadt finden sich viele alte Tempel der Gueber, in welchen in jedem brennbares Gas, das mit einer blassen Flamme brennt und stark nach Schwefel riecht, in Strahlen aus dem Boden strömt. Ein grosser Strahl dringt aus einem benachbarten Hügel, und das ganze Land umher ist auf einen Umkreis von zwei englischen Meilen so mit diesem Gase geschwängert, dass es augenblicklich hervordringt, wenn ein Loch in den Boden gemacht wird. Die Einwohner stecken Röhren in die Erde, durch welche das Gas aufsteigt und zum Kochen verwandt wird. Es war in der Nähe von Jokmali, östlich von Baku, wo am 27. November 1827 Flammen an einer Stelle hervorbrachen, wo man sie früher nicht gekannt hatte, die sich drei Stunden lang zu einer beträchtlichen Höhe erhoben, worauf sie bis auf drei Fuss sich erniedrigten, während zwanzig Stunden brannten und auf welche ein Ausbruch von Schlamm folgte, der ein Areal von mehr als einer Million Quadratfuss bis zu einer Tiefe von zwei bis drei Fuss bedeckte. Grosse Fragmente sollen ausgeschleudert und umhergeworfen worden sein. Eine Flammensäule stieg so hoch bei einer Eruption in der Nähe von Baklichli, westlich von Baku, dass man sie in einer Entfernung von 24 englischen Meilen sehen konnte. Das Land umher bietet Spuren von ähnlichen Ausbrüchen dar.

Während diese Eruptionen in der Nähe von Baku stattgefunden, sind an der Ostseite des Kaukasus Ausbrüche von Flammen und Schlamm unter ähnlichen Umständen in der Nachbarschaft von Taman und Kertch an dem westlichen Ende derselben Gebirgskette vorgekommen. Diese sind seit Langem bekannt, und da sie in einem Areal stattfinden, welches den Cimmerischen Bosphorus umfasst, wo das Azowsche Meer durch einen seichten Canal mit dem Schwarzen Meere communicirt, so werden sie wichtig, weil sie Oberflächenveränderungen hervorbringen, die noch weiter diesen Canal für den Ausfluss des in das Azowsche Meer fliessenden Flusswassers verschliessen, hauptsächlich des Don und seiner Nebenflüsse, welche nicht in ihm verdunsten. Diese Salsen oder Schlammvulkane finden sich auf beiden Seiten des Verbindungscanals und liegen wie die von Baku in einem mit bituminösen Stoffen angefüllten District. Dubois de Montpéreux giebt Durchschnitte, welche zeigen, dass das Areal hauptsächlich aus einem sehr bituminösen, tertiären Schiefer besteht, der bisweilen mit Braunkohle und mit Sand abwechselt. Aus diesen bituminösen Schichten wird Asphalt gewonnen, und bituminöse Stoffe mit Einschluss von Naphtha finden sich offenbar dort in ihren verschiedenen Formen verbreitet; es giebt in der

Digitized by Google

That dort Naphthaquellen in der Nähe der kraterartigen Einsenkung von Khouter. An einigen Orten scheinen die Salsen Flammen und Schlamm an denselben Orten in verschiedenen Zeiten hervorgebracht zu haben, an anderen erheben sich diese plötzlich an früheren, nicht bekannten Stellen *). Die Gase aus den Salsen von Baku, Taman und Kertch und aus der Nachbarschaft von Tiflis, wo ähnliche Thatsachen beobachtet wurden, sind nicht so gut bekannt, als es wünschenswerth ist. Dubois de Montpéreux erwähnt das Aufsteigen von Schwefelwasserstoffgas, als der Schlamm von Khouter umgerührt wurde, und eine Schwefelquelle war auch nicht weit davon entfernt. Verneuil giebt einigen von den kegelförmigen Schlammanhäufungen von Taman und der östlichen Krimm eine Höhe von 250 Fuss. In dem ausgeworfenen Schlamme finden sich Schwefelkiese. Diese Ausbrüche von Flammen, Rauch und Schlamm kommen sowohl in dem seichten Wasser vor, welches an das Festland grenzt, wie auf dem letzteren selbst, vergrössern dasselbe und verändern seine Form. Im Jahre 1814 stiegen Flammen aus dem Azowschen Meere auf, Schlamm wurde ausgeworfen und allmälig eine Insel gebildet. Unter den bei diesen Eruptionen ausgeworfenen Steinen finden sich Kalksteine und Schiefer, die nicht unter den benachbarten Schichten bekannt sind.

Daubeny schreibt die Schlammvulkane von Makaluba bei Girgenti, wo Schlamm und bituminöse Stoffe ausgeworfen werden, der Verbrennung von Schwefelschichten zu, die dort mit den blauen Thonen vorkommen, aus denen diese Schlammeruptionen stattfinden. Er fand, dass die ausströmenden Gase aus Kohlensäure und Kohlenwasserstoff bestanden. Zur Zeit seines Besuches waren die Höhlungen klein und mit Wasser gefüllt, dessen Temperatur etwas mehr als die gewöhnliche des Ortes betrug und mit Schlamm und Bitumen gemischt war, durch welches die Gase austraten. Daubeny schreibt ähnliche

---

*) Dubois de Montpéreux (*Voyage autour du Caucase*, t. V., p. 51) erwähnt hinsichtlich dieser Schlammvulkane, dass Koukou-oba in Thätigkeit war im Februar 1794; und Koussou-oba am 26. April 1818; dass die Haupteruption von Gnila-gora bei Temrouk im Februar 1815 war; dass eine Insel vor der Insel Tyrambe am 10. Mai 1814 erschien, und dass der Schlammvulkan von Taman niemals in einem grösseren Thätigkeitszustande als im April 1835 war. Er bemerkt, dass diese Eruptionen in einer Jahreszeit statthatten, und bestätigt die Angabe von Pallas, dass die einzig bekannte Eruption im Herbst am 5. September 1799 war, als die erste Insel aufgeworfen wurde. In dem geologischen Atlas, welcher die „*Voyage autour du Caucase*“ begleitet, findet sich eine Karte, auf welcher die verschiedenen Salsen oder Schlammvulkane von Taman und Kertch aufgetragen sind, und in der *Carte générale géologique* desselben Werkes finden sich auch die Districte von Baku und Tiflis. Section pl. XXV. zeigt die Abwechselungen bituminösen Schiefers und Sandes, aus denen ein Schlammvulkan bei Koutchougourei, am Azowschen Meere, ausbrach.

Digitized by Google

Phänomene in Terrapilata bei Caltanisetta und bei Misterbianco in der Nähe von Catania denselben Ursachen zu.

Um zu wissen, wie weit solche Salsen oder Schlammvulkane aus anderen als eigentlich vulkanischen Ursachen entstehen oder bloss secundäre Wirkungen von ihnen sind, ist es sehr wünschenswerth, dass nicht nur die geologische Structur des Landes genau untersucht wird, sondern auch die Natur der emittirten Gase. Nach Humboldt und Parrot findet sich fast immer Stickstoff unter den aus den Schlammvulkanen der Halbinsel von Taman aufsteigenden Gasen, und der Erstere erwähnt Wasserstoff mit Naphtha gemischt aus Salsen dieser Art. Wir haben gesehen, dass Kohlenwasserstoff und Kohlensäure aufsteigen und dass Schwefelwasserstoff in dem Schlamme einer Salse bei Kertch bemerkt wurde. Da in dem Districte von Taman und Kertch Steine ausgeworfen werden, welche verschieden von denen sind, die die benachbarten Gesteine bilden, so deutet dies gewiss auf eine tieferliegende Ursache, als die Verbrennung der bituminösen Schichten, in denen die Salsen sich finden, und es können gewiss Ablagerungen dieser Art die vulkanischen Mündungen bedecken, welche zwar gewöhnlich in einem schlummernden Zustande sind, aber von Zeit zu Zeit eine grösseré Thätigkeit offenbaren, indem sie Wasserdampf liefern, der zu Wasser von einer mässigen Temperatur abgekühlt ist, ehe er zur Oberfläche kommt und durch die Destillation von einigen bituminösen Ablagerungen Verhältnisse hervorruft, durch welche Kohlenwasserstoff entwickelt und Kohlensäure gebildet wird. In Fällen, wo fast immer Stickstoff ausströmt, wie bei Taman, scheint es, dass dieses Gas aus der Atmosphäre stammt, indem gewöhnliche, vielleicht mit Wasser gemischte Luft in die Erde eintrat, ihres Sauerstoffs beraubt, das unzersetzte Wasser verjagt und der freie Stickstoff ausgetrieben wurde. Sei dies, wie es wolle, so verdienen die Unterschiede oder Aehnlichkeiten in den gasigen Substanzen grosse Beachtung. Naphtha und die dickeren Bitumenarten sind gegenwärtig so über verschiedene Theile der Erde verbreitet, dass zwar verschiedene Localitäten reicher an ihnen sein können als andere, aber doch nichts weiter beweisen, als die Umwandlung unter verschiedenen Umständen angesammelter organischer Stoffe in jene Form. Brennbare Gase sind auch aus der Erde geströmt nicht nur in Verbindung mit bituminösen und Kohlenablagerungen, sondern unter anderen Umständen, wo keine vulkanische Thätigkeit für ihre Bildung nöthig ist, wie z. B. in Salzbergwerken in Deutschland, bei Bohrversuchen nach Salz in Amerika und China.

Was das Aufsteigen der Boraxsäure mit dem Wasserdampf in den Lagunen bei Volterra in Central-Italien angeht, welches von Kohlensäure und Schwefelwasserstoff begleitet ist, so hat man dieses von vulkanischer Thätigkeit unter den Gesteinen hergeleitet, in welchen die Lagunen liegen. Dass eine grosse Hitze unten existirt, ist gewiss,

Digitized by Google

aber wie weit diese Hitze jetzt als vulkanisch und von der allgemeinen Zunahme der Temperatur unter der Oberfläche der Erde verschieden ist, die an einigen Stellen intensiver wäre, als an anderen, ist nicht so sicher. Die Boraxsäure findet sich in Verbindung mit Ammoniak und in freiem Zustande, und Daubeny glaubt, dass ihre Anwesenheit in dem Dampfe davon herrührt, dass Wasserdampf mit dieser Substanz in Berührung kommt und sie in mechanischer Suspension fortführt, eine Möglichkeit, die durch den Versuch nachgewiesen worden ist.

Erdbeben.

Wir haben gesehen, dass vor und bisweilen während vulkanischen Ausbrüchen das Land in der Nachbarschaft von Erschütterungen betroffen wird, als wenn von Zeit zu Zeit gewisse Widerstände gegen diese vulkanischen Kräfte plötzlich überwunden würden. Die Zerreissung von Gesteinen durch Spalten, wie sie früher erwähnt wurde, musste bei der vorausgesetzten Spannung und Cohäsion der Theile Erschütterungen hervorrufen. Es ist keineswegs nöthig, dass diese Spalten immer bis zur Oberfläche gehen, und man beobachtet im Gegentheil bei manchen vulkanischen Ablagerungen, dass die gebildeten und später mit geschmolzenem Gestein erfüllten Spalten sich endigen, ehe sie dieselbe erreichen. Aus Mangel an Cohäsion der Theile bei grossen Massen von Aschen und Rapillen können diese so nachgiebig sein, dass sie bei der Bildung einer Spalte in dem festen Gestein alsbald an ihrem oberen Ende wieder zufallen.

Es lässt sich erwarten, dass unter sonst gleichen Umständen die Schwankungen des Bodens in der Nähe von Vulkanen stärker sind, wenn ihre Mündungen lange geschlossen und unthätig waren, so dass für das Festwerden der Tuffschicht eine Zeit verflossen und das Ganze durch Lavaströme von verschiedenen Dimensionen fest zusammengehalten ist, als wenn die Mündung noch offen, der Vulkan thätig und die Aschen und Rapillen unzusammenhängend sind. Auch lässt sich erwarten, dass eine gewisse Mächtigkeit von Trachyt, Dolerit oder Basalt, wenn sie nicht zu sehr durch säulenförmige oder andere Absonderungen getheilt sind, gegen eine gegebene vulkanische Kraft einen grösseren Widerstand leistet als Tuffschichten, wenn diese nicht so verändert und fest geworden sind, dass sie den Charakter von Palagonit oder anderen Gesteinen der Art tragen. Dann werden verschiedene Wirkungen stattfinden bei dem Widerstande abwechselnder Schichten von Tuff und früher geschmolzenen Gesteinen, wie sie aus dem Val del Bove am Aetna beschrieben wurden und wo ähnliche Substanzen gemischt sind, wie schwache Lavaströme und unregelmässige Massen von Stoffen, wobei in beiden Fällen frühere Spalten, die mehr oder

Digitized by Google

weniger durch Lavagänge ausgefüllt sind, beträchtlich die hervorgerufenen Wirkungen modificiren.

Man hat oft auf einen Zusammenhang geschlossen zwischen vulkanischen Eruptionen und Schwankungen des Bodens auf eine Entfernung weit über die unmittelbare Nachbarschaft der Vulkane hinaus, gleichsam als wären die Vulkane grosse Sicherheitsventile, durch welche unter gewöhnlichen Umständen eine gewisse Kraftmenge entweicht, wodurch blosse locale Störungen hervorgebracht würden, während zu einer anderen Zeit durch eine stärkere Belastung des Ventils oder eine grössere Kraftäusserung bedeutendere Theile der Erdrinde erschüttert würden. Abgesehen von den unthätigen oder erloschenen Vulkanen, sind thätige Mündungen, wie wir gesehen haben, so weit über verschiedene Theile der Welt verbreitet, dass beträchtliche Areale leicht von Erschütterungen heimgesucht werden können, die mehr oder weniger von allgemeinen Ursachen abhängen, von denen die Entleerung geschmolzenen Gesteins, von Dämpfen und Gasen an gewissen Stellen bloss eine von den durch sie hervorgerufenen Wirkungen ist. Deshalb können in Bezug auf diese Betrachtungsweise des Gegenstandes vulkanische Ausbrüche und Erdbeben innig verbunden sein, indem vulkanische Ausbrüche gleichfalls auf dieselbe allgemeine Weise betrachtet und mehrere andere Ausgleichungen der Erdoberfläche mit eingeschlossen werden, wodurch grosse Spalten gebildet, mächtige Gesteinsmassen gedrückt, zerrissen und in grosse Gebirgsrücken und Hügel von verschiedener Gestalt und Grösse emporgehoben werden.

Es giebt viele Beispiele von dem angenommenen Zusammenhange zwischen Erdbeben und vulkanischen Ausbrüchen, wie z. B. das plötzliche Verschwinden des Rauches in dem Vulkane von Pasto, als die Provinz von Quito auf eine Entfernung von 48 deutschen Meilen so heftig durch das grosse Erdbeben von Riobamba, am 4. Februar 1797, erschüttert wurde, und die plötzliche Ruhe von Stromboli während des grossen Erdbebens in Calabrien, im Jahre 1783. Da wir wissen, dass sich in kleineren Arealen oft eine bedeutende Erschütterung des Bodens vor solchen Ausbrüchen findet, und dass später die Ruhe wenigstens eine Zeitlang wieder hergestellt wird, so muss untersucht werden, wie weit solche scheinbaren Ursachen und Wirkungen sich erstrecken. Hierbei ist grosse Vorsicht nöthig, so dass man nicht wegen einer vorgefassten Meinung zu grosses Gewicht auf zufällige Umstände legt, indem manche angeführten Thatsachen kaum für die Schlussfolgerungen hinreichen, die man in Bezug auf den unmittelbaren Zusammenhang zwischen gegebenen Erdbeben und den Ausbrüchen von gewissen Vulkanen daraus gezogen hat.

Es lässt sich im Voraus erwarten, dass in vulkanischen Ländern, wie in Südamerika, grosse Erderschütterungen stattfinden und dieselben sich nicht nur nach ihrer Intensität, sondern nach den Gesteinsarten,

Digitized by Google

durch welche sie sich fortpflanzen, auf grosse Entfernungen erstrecken. In gewissen Gegenden kommen Erdbeben bisweilen so häufig vor, dass diese und ähnliche Theile der Erdoberfläche in einem unstetigeren Zustande als andere betrachtet werden können. Das grosse Erdbeben von Chili im Jahre 1835 war nur eine heftigere Erschütterung in einem oft von solchen Schwankungen betroffenen District. Es wurde in einer Richtung von Copiapo bis nach Chiloe und in einer anderen von Mendoza bis nach Juan Fernandez wahrgenommen; und die Vulkane in diesem Theile der Anden waren vor, während und nachher in einem ungewöhnlichen Zustande der Aufregung. Bei einem früheren Erdbeben im Jahre 1822 wurde derselbe Theil von Südamerika auf eine Entfernung von Norden nach Süden von ungefähr 300 deutschen Meilen erschüttert.

In Bezug auf das wirklich von Erdbeben erschütterte Areal muss die Aufmerksamkeit auf die Grösse des erschütterten festen Landes und die Ausdehnung, bis zu welcher ein benachbarter Theil des Meeresgrundes gleichzeitig bewegt wurde, gerichtet werden, da nothwendig Wellen in dem dem erschütterten Lande benachbarten Meere durch die Erdbeben oder durch die Schwingungen der Gesteine unter ihm erhoben werden. Dies muss z. B. geschehen sein mit dem grossen Erdbeben von Lissabon, bei welchem das erschütterte Areal einerseits einen grossen Theil des nördlichen Atlantischen Oceans, einen Theil von Nordamerika, einige Westindische Inseln (Antigua, Barbadoes und Martinique) und andererseits einen Theil des nördlichen Afrikas und einen grossen Theil des westlichen Europas umfasste. In einem solchen Falle muss die Ausdehnung beachtet werden, bis zu welcher sich die durch die Erdbeben hervorgerufene Meereswelle fortpflanzt*). Das in Europa erschütterte feste Land war sehr gross und umfasste Portugal, Spanien, Frankreich, die Britischen Inseln, die südlichen Theile von Norwegen und Schweden, Dänemark, Deutschland, die Schweiz und das nördliche Italien.

In Bezug auf Erdbeben muss die Fortpflanzung der Erschütterungen mit besonderer Rücksicht auf die Art der Substanzen betrachtet werden, durch welche die Erdbebenwelle geht, so dass also z. B., wenn gegebene Impulse gleich sind, die Ausdehnung der Erschütterungen und ihre Stärke sehr wesentlich modificirt sein kann**). Nach Mallet

---

*) Lyell (*Principles of Geology* 7. edit. S. 344) macht darauf aufmerksam, dass die grosse Erschütterung von Lissabon von dem Ocean kam, und bemerkt, dass eine durch den Griechischen Archipel, den vulkanischen District des südlichen Italien, Sicilien, des südlichen Spanien und Portugal gezogene Linie bei ihrer westlichen Verlängerung durch den Ocean, die vulkanische Gruppe der Azoren trifft, und schliesst daraus auf ihre unterseeische Verbindung mit der europäischen Linie.

**) Mallet (*Naval Manual of Scientific Enquiry*, Art. *Earthquakes*, p. 197)

Digitized by Google

ist „ein Erdbeben der Durchgang einer Welle in einem elastischen Medium in irgend einer Richtung von der verticalen aufwärts bis zur horizontalen in irgend einem Azimuth durch die Erdkruste, von einem Ausstrahlungsmittelpunkte oder von mehr als einem Mittelpunkte aus, welche von Fluth und Tonwelle begleitet ist, die von dem Anstosse und von den Lageverhältnissen in Bezug auf Meer und Land abhängen.“ Doch giebt er zu, dass die Wahrheit dieser Anschauung noch nicht vollständig und durch Versuche erwiesen ist.

Die Bewegungen der grossen Erdbebenwellen *) werden gewöhnlich in undulatorische und verticale eingetheilt, da der Boden in einer gegebenen Richtung weiter rollt oder einfach auf eine beinahe senkrechte Weise steigt und fällt. Wir haben Beschreibungen in dem einen Falle, wo die Oberfläche des Bodens sich wellenartig bewegte, oder in dem anderen von einem blossen Steigen und Fallen in Bezug auf eine bestimmte Localität. Ein gutes Beispiel der letzteren Bewegung liefert das grosse Erdbeben von Riobamba im Jahre 1797, indem viele Personen, nach Humboldt, bis zu einer Höhe von mehreren hundert Fuss auf den Hügel La Cullca über den kleinen Fluss von Lican geschleudert wurden. Es lässt sich leicht annehmen, dass diese zwei Classen von Erdbebenbewegungen bloss Modificationen derselben Sache sind, und dass, während eine Stelle, wie die Stadt Riobamba, die unmittelbar über dem Orte lag, wo der Anstoss stattfand, plötzlich in die Höhe gehoben wurde, derselbe Stoss nach aussen in verschiedenen Richtungen sich fortbewegte, auf die Art, wie man oft bei Wellen auf der Oberfläche des Wassers sieht, in welches ein Stein geworfen wurde.

In Bezug auf die wirbelnde (vorticose) Bewegung, welche oft als eine andere Classe der Erdbebenbewegung betrachtet wurde, können wir mit Mallet annehmen, dass dieselbe bloss eine Modification derselben Erschütterung ist. Bei den zwei Obelisken am Kloster des St.

---

erläutert die Fortpflanzung der Wellen durch verschiedene Substanzen dadurch, dass er annimmt, Jemand stände auf einer Eisenbahn, in der Nähe der Schienen, und es fände ein heftiger Schlag auf die letzteren in einer Entfernung von einigen hundert Fuss Statt. „Er wird,“ bemerkt Mallet, „fast augenblicklich die Welle durch die eisernen Schienen hören; unmittelbar darauf wird er eine andere Welle durch den Boden empfinden, auf welchem er steht, und zuletzt eine weitere Welle durch die Luft, und wenn sich ein tiefer Graben an der Eisenbahn befände, so würde eine im Wasser sich befindliche Person eine Tonwelle durch dasselbe hören, wo nur die Geschwindigkeit der Fortpflanzung von den anderen verschieden ist, und alle diese gehen zu gleicher Zeit von demselben Punkte aus.“

*) (*Admiralty Manual of Scientific Enquiry*, Art. *Earthquakes.*) Mallet definirt „die grosse Erdbebenwelle“ als den wahren Stoss, ein wirkliches Rollen oder eine Undulation der Oberfläche, welche sich mit ungeheurer Schnelligkeit nach aussen in jeder Richtung von dem Mittelpunkte des Impulses bewegt.

Digitized by Google

Bruno bei Stefano del Bosco, deren Steine während des Erdbebens von Calabrien von 1783 auf einer verticalen Axe auf eine ähnliche Weise gedreht wurden, ohne zu fallen, und die jene Bewegung darthun sollen, hat Mallet gezeigt, dass dieser und andere Fälle ähnlicher Art durch die Fortpflanzung des gewöhnlichen Stosses unter einer Modification von Umständen erklärt werden können, wodurch die geradlinige in eine krummlinige Bewegung verwandelt wird *). Auf dieselbe Weise hat der Geognost in Betracht der complicirten Structur mancher Theile der Erdoberfläche, besonders da, wo eruptive Gesteine sich zwischen andere Ablagerungen lagerten oder sich mit ihnen vermengten, Grund zur Annahme, dass während der Fortpflanzung einer Erdbebenwelle die verschiedenen Theile des Ganzen sich oft unter solchen Umständen befinden, dass beträchtlichen Massen eine Art von Drehung mitgetheilt werden kann.

Betrachtet man indessen unter allen Umständen die grosse Erdwelle als die Basis aller Bewegungen, so wird der Stoss dem Wasser des Meeres, der Seen oder Flüsse, die auf der festen Erdoberfläche ruhen oder fliessen, mitgetheilt. Wenn wir auf die jetzige Vertheilung von Land und Wasser blicken und Erdbeben in ihrer Allgemeinheit betrachten, so können diese eben so wahrscheinlich, wenn nicht wahrscheinlicher, durch Impulse unter Theilen des grossen Oceans, als auf festem Lande hervorgebracht worden sein. Da die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Erdbebenwelle unter solchen Umständen fortbewegt, grösser ist als die, bei welcher die dem Wasser mitgetheilte Schwingung fortschreitet, so entstehen daraus, wie Mallet gezeigt hat, zwei Wellen. Eine entsteht durch die Schwingung längs der Oberfläche des Bodens in Berührung mit der Unterfläche des darauf ruhenden Wassers und wird sichtbar in seichtem Wasser; die andere von der Anhäufung des Wassers über einem vertical aufgestiegenen Meeresboden, wie sie im Jahre 1797 Riobamba mitgetheilt worden wäre, wenn diese Stadt unter dem Meere gelegen hätte. Mallet nennt die erste die forcirte Meereswelle, die man wahrnimmt, wenn der Stoss oder die Erdwelle unter oder in seichtes Wasser geht, mag nun das Erdbeben vom Meere landeinwärts oder umgekehrt gehen. Die zweite nennt er die grosse Meereswelle. Die geologische Wichtigkeit der forcirten Meereswelle scheint sehr von der Entfernung abzuhängen, in welcher sich ein Ufer oder seichtes Wasser an der Stelle befindet, wo eine hauptsächlich

*) Mallet bemerkt (*Admiralty Manual of Scientific Enquiry*, Art. *Earthquakes*), dass diese Bewegung entsteht, wenn der Schwerpunkt des Körpers auf einer Seite einer Verticalebene in der Richtung des Stosses liegt, der durch diesen Punkt in der Basis geht, auf welcher der Körper liegt, in welchem die ganze Adhärenz durch Reibung oder Cement des Körpers auf seiner Unterlage, sich vereinigt, und welcher der Adhäsionsmittelpunkt genannt werden kann.

Digitized by Google

verticale Bewegung entweder im Lande oder unter dem Meere stattfand. Wenn dies im Ocean weit entfernt von dem Lande oder seichtem Wasser der Fall war, so würde die dem Meere mitgetheilte Bewegung klein sein, und gleichfalls, wenn der Stoss mit geringer Intensität vom festen Lande kam, entweder weil der ursprüngliche Stoss unbedeutend oder seine Kraft beinahe erschöpft war. Wäre indessen die verticale Bewegung der Erdwelle nahe an einer Küste entweder im Meere oder Lande oder unter seichtem Wasser, dann könnte die forcirte Meereswelle in die grosse Meereswelle übergehen, indem keine hinreichende Entfernung existirt, die eine Unterscheidung erlaubt. Die eine Welle würde der anderen unter gewöhnlichen Verhältnissen voraneilen, indem die grosse Meereswelle bedeutende Wassermassen auf das Land wirft, mechanisch den Meeresboden in grosser Ausdehnung aufrüttelt und oft Wirkungen von beträchtlicher geologischer Wichtigkeit hervorbringt. Wie Mallet bemerkt, kann eine grosse Meereswelle so breit und niedrig in tiefem Wasser sein, dass sie in dem offenen Meere nicht bemerkt wird, und doch mit grosser Kraft sich auf einer Küste oder in seichtem Wasser brechen.

Es ist nöthig, Beobachtungen über Erdbeben so zu classificiren, dass zufällige Erscheinungen von den wesentlichen getrennt werden. Unglücklicher Weise sind Erdbebenphänomene erst in der neuesten Zeit mit Rücksicht auf ihre wahre geologische Bedeutung studirt worden, indem hauptsächlich Nachrichten über den Verlust von Menschenleben und Zerstörung von Eigenthum und bisweilen eine Notiz über einen neu entstandenen See oder Insel die Aufmerksamkeit beschäftigten. Was auch die Ursache sein mag, entweder indem ein Theil der Erde plötzlich in Bewegung geräth, ohne heftige Zerreissung oder durch einen plötzlichen und heftigen Bruch, so muss der Beobachter nicht nur die Tiefe unter der Oberfläche, von wo der Anstoss gegeben worden sein mag, sondern auch die Mineralmassen in Bezug auf ihre Natur und gegenseitige Stellung in Betracht ziehen, durch welche die Wellen fortgepflanzt wurden.

Während heftiger vulkanischer Ausbrüche, bei welchen, wie z. B. bei denen des Tomboro auf Sumbava am 5ten April 1815, die Explosionen auf 240 deutsche Meilen gehört wurden und zwar mit solcher Deutlichkeit und so laut in Macassar in einer Entfernung von 54 Meilen, dass ein Kriegsschiff mit Truppen ausgeschickt wurde, um die vermeintlichen Seeräuber in der Nachbarschaft aufzusuchen, muss man annehmen, dass die Schwingungen der Erde von einem Mittelpunkte aus sich verbreiten, wie von dem Punkte *a* in dem Grundriss, Fig. 152, welcher einen District darstellen soll, der einen solchen Erschütterungsmittelpunkt besitzt. Angenommen, dass das Getöse irgend eines grossen vulkanischen Ausbruchs, wie der des Tomboro, von heftigen Entleerungen der Dämpfe, Gase, Rapillen und Asche durch den Krater ent-

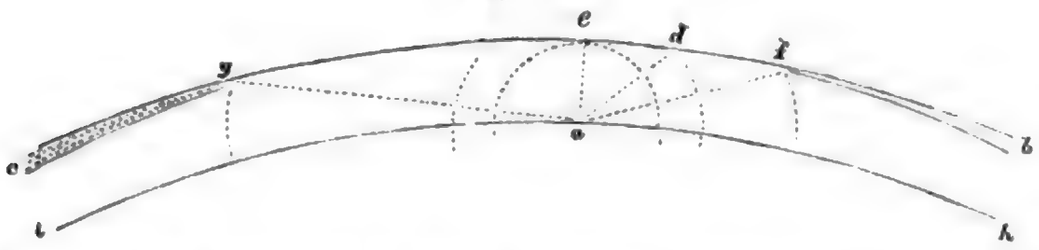
Digitized by Google

steht, müssen die dadurch in den benachbarten Gesteinsablagerungen

Fig. 152.

hervorgerufenen Schwingungen mehr oder weniger horizontal wahrgenommen werden, nach der verschiedenen Zusammensetzung und Festigkeit der erschütterten Substanzen. Wenn die Ursache der Erdbebenwellen einen tiefen Sitz hat, werden die Schwingungen auf der Oberfläche mit der Ausstrahlung der Wellen von ihrem Ursprungsmittelpunkte übereinstimmen, so dass daselbst ein Punkt ist, wo der Stoss vertical wahrgenommen wird*). Wenn *bc*, Fig. 153, ein Durchschnitt

Fig. 153.



eines Theils der Erdrinde ist, und *a* ein Punkt in einer Curve, 60 Meilen unter der Oberfläche, wo ein Anstoss gegeben wurde, welcher Erdbebenwellen hervorrief, so werden sich diese in sphärischen Schaalen auszubreiten suchen, so weit es die Widerstände erschweren oder erleichtern. Wenn die Substanz, durch welche die Welle geht, homogen ist, wie z. B. ein Stück Eisen, so wird die Welle zuerst die Entfernung *ae* durchlaufen, dann nach einander *ad*, *af* und *ag*, wobei der Stoss am meisten vertical, in Bezug auf die Oberfläche des Eisens bei *e* und mehr seitwärts bei *f* und am meisten so in Bezug auf den Durchschnitt bei *g* wahrgenommen wird. Geologische Untersuchungen zeigen uns, dass die Zusammensetzung der Mineralsubstanzen, die den uns bekannten Theil der Erdoberfläche bilden, ihr Festigkeitszustand und die Art ihrer Anhäufung

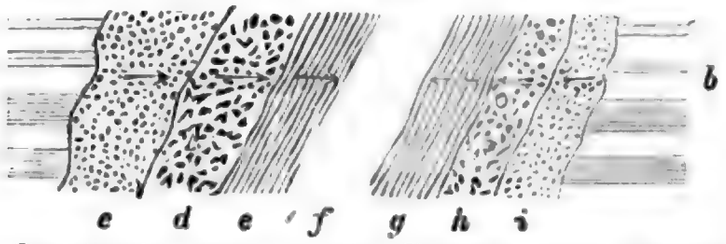
*) Das grosse Erdbeben von Lissabon im Jahre 1755, das in der Nähe dieser Stadt so heftig war, liefert ein gutes Beispiel von einem sich strahlenförmig verbreitenden Erdbeben mit einer tiefliegenden Quelle. Ebenso ist das Erdbeben von 1828 in den Niederlanden und den Rheinprovinzen ein strahlenförmiges, aber weniger tief gelegenes Erdbeben gewesen. Das am meisten erschütterte Areal bildete eine Ellipse, mit Brussel, Lüttich und Mastricht, und die Stösse gingen bis nach Westphalen, bis Middelburg und Vliessingen.

Digitized by Google

sehr mannigfaltig sind. Nehmen wir deshalb in dem obigen Durchschnitt statt einem homogenen Körper eine grosse Mineralmasse, wie z. B. Granit an, der zwei Ablagerungen trägt, eine bei *b*, die aus Schichten von einer harten, zusammenhängenden Substanz besteht, wie dichter Kalkstein, und eine andere bei *c*, aus schwach zusammenhängenden Schichten von lockerem Sand und Gerölle gebildet, so begreift sich, dass der Stoss, welcher bei *f* anschlägt, leicht längs der Flächen der Kalksteinschichten fortgepflanzt werden kann, während die Welle, obgleich der Stoss die lockeren Ablagerungen bei *e* mehr seitlich trifft, daselbst aus Mangel an hinreichendem Zusammenhang der Theile mehr complicirt sein kann.

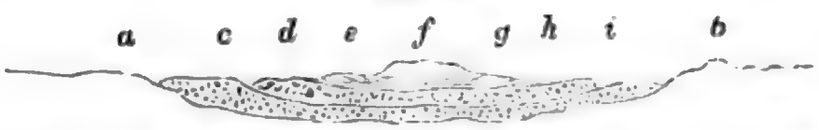
Es bieten sich von selbst zahllose Modificationen der oben berührten Lagerungsverhältnisse dar, hauptsächlich in Bezug auf die Unterterbrechungen in der Richtung der Erdbebenwelle durch gebogene und verschiedentlich gemischte Massen von festen und locker verbundenen Gesteinen in gebirgigen Districten, durch die langen weit verbreiteten Schichten von mit einander geschichteten und unähnlichen Substanzen in manchen Gegenden, durch die Zerreissungen und den Wechsel von Mineralmassen in anderen und durch die Abwechslung von thätigen vulkanischen Districten mit solchen von einem sehr verschiedenen Ursprung. Ein Erdstoss kann in seiner Richtung und Intensität modificirt sein, wenn er in horizontalen oder fast horizontalen Schichten wahrgenommen wird, die aus verschiedenen Gesteinen bestehen, wie in dem folgenden Grundriss, Fig. 154, wo *f* Kalkstein,

Fig. 154.



eg Thon, *dh* Sandstein und *ei* ein Conglomerat darstellen soll, welches in einer beckenförmigen Vertiefung ruht, wie in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 155, von derselben Gegend, welche aus harten Schie-

Fig. 155.



fern und Kalksteinen gebildet ist, die vor der Ablagerung der zuerst genannten Schichten in eine verticale Lage aufgerichtet worden waren. Geht der Stoss in der Richtung *ab*, so kann er in dieser Richtung leicht die verticalen Gesteine durchlaufen, während sowohl die Dauer als die Intensität in irgend einer Stadt, welche auf dem inneren Kalkstein liegt, sehr modificirt ist, ein Streifen, der vielleicht viele Meilen

Digitized by Google

lang ist, und sich zuletzt mit einer beträchtlichen Schicht derselben Substanz verbindet. Bisweilen afficiren die Erdbeben die oberen Schichten gar nicht, während der Stoss darunter fortdauert und weiter getragen wird. Die Peruaner nennen, nach Humboldt, solche selten oder nie erschütterten oberen Schichten Brücken*).

Eine sorgfältige Beobachtung zeigt, dass Erdbeben sich in gewissen Richtungen leichter fortpflanzen als in anderen, wobei nothwendig viel von der entweder verticalen oder seitlichen Richtung abhängt, woher diese Schwingungen kommen, indem die kleineren Ausgleichungen der Theile bisweilen so in der ganzen erschütterten Masse verloren gehen, dass sie nicht leicht beachtet werden. Dies muss natürlich stattfinden, wenn die Quelle der Stösse eine Zeitlang hinlänglich fixirt und die relative Lage und Structur der eine Gegend zusammensetzenden Gesteine unverändert bleibt**). Veränderungen in dieser Beziehung sind selbst während der letzten 60 Jahre bemerkt worden, aus denen hervorgeht, dass entweder durch locale Modificationen in den Ursachen der Erdbeben oder in ihren Wirkungen dauernde Aenderungen dieser Art hervorgebracht werden können. Humboldt erwähnt, dass seit der Zerstörung von Cumana am 14ten December 1797 die Richtung der Erdbebenschwingung in diesem Districte so verändert wurde, dass jeder Stoss seit dieser Zeit sich nach der Halbinsel von Maniquarez erstreckte, was früher nicht der Fall war. Er deutet auch auf das allmälige Vorrücken der fast ununterbrochenen Erdstösse von Süden nach Norden in die Thäler des Mississippi, des Arkansas und des Ohio hinauf hin, zwischen den Jahren 1811 und 1813, woraus hervorgeht, dass die unterirdischen Hindernisse für die Fortpflanzung der Erdbebenwellen allmälig entfernt wurden.

Wenn Erdbebenwellen Bergketten senkrecht auf ihre Richtung durchsetzen, wie sie dies zuweilen thun, so verdient die Zusammen-

---

*) Humboldt bemerkt (Kosmos), dass diese localen Unterbrechungen für die Fortpflanzung des Stosses durch die oberen Schichten der merkwürdigen Erscheinung analog sind, welche man in dem tiefen Bergwerk von Marienberg in Sachsen zu Anfang dieses Jahrhunderts beobachtete, wo Erdstösse die Bergleute in Alarm nach der Oberfläche trieben, an welcher während der Zeit nichts der Art bemerkt worden war. Das Gegentheil beobachtete man im November 1823, wo die Bergleute von Fahlun und Persberg in den Minen gar keine Bewegung verspürten, während über ihnen ein heftiger Erdstoss Schrecken unter den Einwohnern verbreitete.

**) Die Cordilleren, die von Norden nach Süden, und eine Querkette, die von der Insel Trinidad nach Neugranada läuft, werden auf eine merkwürdige Weise erschüttert. In einer Richtung mit diesen Ketten haben schreckliche Erderschütterungen stattgefunden, wie in Lima, Callao, Riobamba, Quito, Pasto, Cumana, Caraccas u. s. w, wodurch einmal 40,000 Menschen getödtet wurden. In allen diesen Fällen sind die grösseren Wirkungen nicht nur auf die Richtung der Berge beschränkt gewesen, sondern der Richtung der Küste gefolgt.

Digitized by Google

setzung solcher Gebirge grosse Aufmerksamkeit. Wenn es bloss lange Rücken eines homogenen Gesteins wie Granit und dergleichen sind, welches unter den verschiedenen sedimentären Ablagerungen *cd* hindurch geken kann, wie in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 156, so

Fig. 156.

kann eine Erdbebenwelle leichter durch die Gebirgsrücken *a* und *b* von *e* nach *f* sich fortpflanzen, als in Richtungen, die ihnen entsprechen, wenn dieses die allgemeine Richtung der Welle in Uebereinstimmung mit dem gegebenen Impuls ist. Bei der Würdigung der Fortpflanzung einer Erdbebenwelle durch irgend einen Theil der Erdrinde muss also der Beobachter gleichsam den erschütterten Theil zergliedern und sich bemühen, die kleinen von den grösseren Wirkungen zu trennen, wobei er die Wahrscheinlichkeit erwägt, dass die Undulation durch solche Bergketten, wie die Alpen, die Anden und den Himalaya hindurchgeht oder längs ihnen hin, je nach der Tiefe ihrer Ursache. Er muss auch darauf sehen, ob die Stösse längs grosser Linien, die mit denen von Ablagerungen übereinkommen, wie diese auch gebogen und zerrissen sein mögen, bloss als einer grösseren Bewegung, die nach den Verhältnissen modificirt ist, untergeordnet zu betrachten, oder ob sie der allgemeinen Richtung der Erdbebenwelle mit Bezug auf die ganze erschütterte Masse conform sind*). Die Gesteine derselben Gegend können verschiedentlich afficirt werden, wenn die Welle aus einer grossen Tiefe sich fortpflanzt, oder wenn die Undulation durch eine weniger tief liegende Ursache hervorgebracht wird. Die Fortpflanzung der Welle in ihnen konnte in dem ersteren Falle eine blosse Modification irgend einer grossen Bewegung sein, die, wie bei dem Erdbeben von Lissabon, einem grossen Theile der Erdrinde gemeinsam war, während in dem zweiten Falle dieselben Gesteine direct von vornherein betroffen werden können.

---

*) In Bezug auf die Richtung der Erdbebenwellen längs oder quer durch Bergketten, bemerkt Humboldt im Kosmos, indem er sich darauf bezieht, dass die Bergketten die Stösse in Linien fortpflanzen, die mit den Rändern der Spalten übereinkommen, längs welcher sie erhoben worden sind, dass Erdbebenwellen bisweilen mehrere Ketten fast in rechten Winkeln durchschneiden, wovon ein Beispiel in Südamerika vorkommt, wo sie sowohl die Littoralkette von Venezuela, wie auch die Sierra Parime durchschneiden. In Asien sind Erdstösse (am 22. Januar 1832) von Lahore und dem Fuss des Himalaya durch die Kette des Hindu Kusch bis nach Badakschan oder dem oberen Oxus und selbst bis Bokhara fortgepflanzt worden. Daubeny erwähnt auch in Bezug auf Erdbebenwellen, welche durch Bergketten hindurchgehen, das von 1828, welches die Appeninen von Voghera an Bochetta vorbei bis Genua durchsetzte.

Digitized by Google

Es geht hieraus die Wichtigkeit der Beobachtungen hervor, wie weit während irgend eines gegebenen Erdbebens bestimmte Districte und selbst grosse Bergketten eine Primärwelle oder eine Modification derselben fortpflanzen.

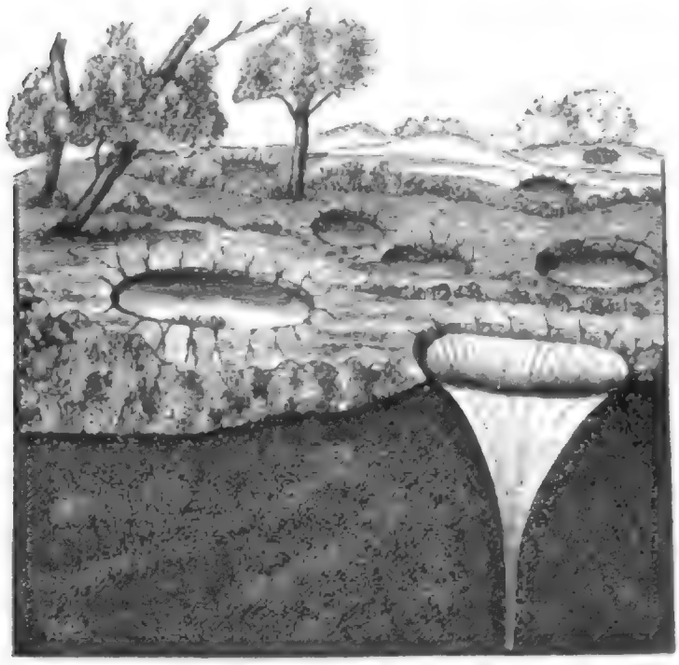
Da die Erdbebenwelle mit verschiedener Geschwindigkeit durch verschiedene Gesteine geht*), so folgt, dass, während die Theile in einigen so nachgeben, dass kein Bruch entsteht, in anderen Spalten und selbst Dislocationen hervorgerufen werden. Selbst bei der einfachen Lagerung von Schichten der einen Classe über einander, kann, wenn eine Erdbebenwelle seitlich das Ganze trifft, eine Reihe von Gesteinen dislocirt werden, und die andere in ihren ursprünglichen Zustand zurückkehren, auf dieselbe Weise, als wenn man eine Kupferplatte mit Gyps bedeckte, und beide in eine Schwingung versetzte, wobei der letztere zerbrochen würde, während das Kupfer unverletzt bleibt. Es ist leicht begreiflich, dass, unabhängig von der verschiedenen Beschaffenheit der oberen zu den unteren Gesteinsschichten, welche eine Reihe von horizontalen oder fast horizontalen Ablagerungen bilden, in Bezug auf den Unterschied des auf sie ausgeübten Druckes, die unteren wegen der Hitze nicht in einem so zerbrechlichen Zustande als die oberen und einer viel leichteren Schwingung ohne Zerbrechung fähig sind. So können viele Spalten und Risse sich bilden, die nicht in eine grosse Tiefe dringen und sich doch hinreichend unter die Oberfläche erstrecken, dass sie das Auswerfen von Wasser, Schlamm, Sand oder anderen leicht ausgetriebenen Körpern gestatten, und einige von diesen können sich wieder so schliessen, dass sie Substanzen festhalten, welche in sie gefallen sind, während andere dauernd offen bleiben, indem die neue Lagerung der Theile, die durch die Erdbebenwelle hervorgerufen wurde, keine vollständige Rückkehr zu den alten Bedingungen erlaubt. Wir haben viele Beispiele von der Bildung solcher Spalten von sehr verschiedener Gestalt, während Erdbeben, wie sich von der Erschütterung complicirter Gesteinsablagerungen erwarten lässt, deren zusammengesetzte Structur oft durch Ablagerungen verborgen ist, die vielleicht nur einige hundert Fuss mächtig sind, während sich die in Schwingung versetzte Masse viele tausend Fuss, wenn nicht mehrere Meilen hinab erstrecken kann. Aufmerksamkeit verdienen die umgekehrt konischen Höhlungen, die man so häufig nach Erdbeben in Ebenen und locker zusammenhän-

*) Mallet zeigt (*Admiralty Manual* etc.), dass man sich keine irrige Ansicht von den Dimensionen der grossen Erdbebenwelle bilden muss, weil man sie eine Undulation nennt, da ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit häufig 30 engl. Meilen in der Minute beträgt, und die Welle oder der Stoss, der sich mit dieser Geschwindigkeit bewegt, oft 10 — 12 Secunden braucht, um einen gegebenen Punkt zu passiren; deshalb ist ihre Länge oder Amplitude oft einige Meilen.

Digitized by Google

genden Ablagerungen bemerkt*). Gewöhnlich ist Wasser durch dieselben aufgestiegen, wie wenn dasselbe während des Erdbebens mit Gewalt durch den lockeren Boden getrieben worden wäre.

Fig. 157.



Die trichterförmigen Erdlöcher in Calabrien.

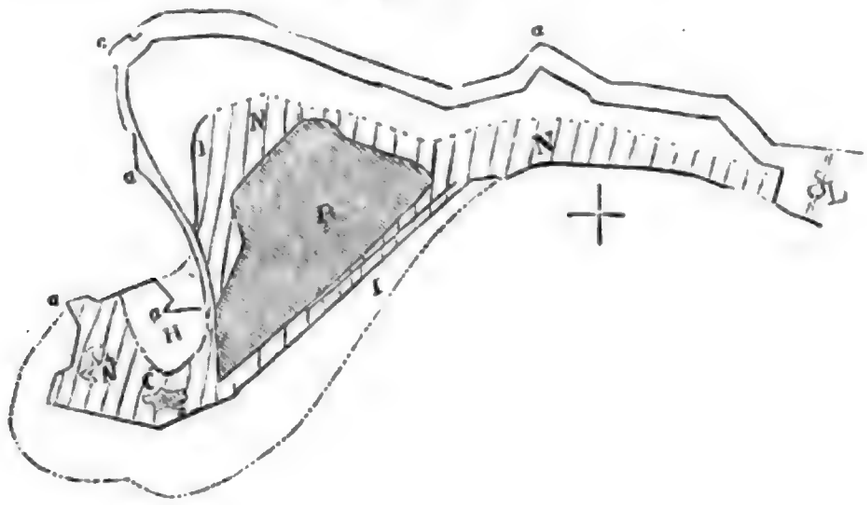
Dass an der Verbindungsfläche von lockeren oder wenig consolidirten Ablagerungen, wie Sand und Grus mit harten Gesteinen, wobei die letzteren sich durch die ersteren erheben, bei einer heftigen Erschütterung des Ganzen ein Nachsinken der unzusammenhängenden Substanzen mit Spalten und Hügelbildung stattfindet, lässt sich im Voraus erwarten. Während des grossen Erdbebens von Calabrien im Jahre 1783 scheint dies in einer beträchtlichen Ausdehnung stattgehabt zu haben. Bei dem grossen Erdbeben von Jamaica im Jahre 1692 scheint dieses Aufrütteln lockerer Materialien das sogenannte Verschlingen von Port Royal bewirkt zu haben. Aufbewahrte Documente zeigen uns glücklicher Weise, dass der Theil der Stadt, welcher damals verschwand, auf Sand gebaut war, der um und gegen einen Felsen lag, welcher zwar durch das Erdbeben erschüttert wurde, aber seinen Platz in Bezug auf das Niveau des benachbarten Meeres behauptete. Die dunkel schattirten Theile *P* und *C* in dem nebenstehenden Plane (Fig. 158) sind die nach diesem Erdbeben stehen gebliebenen Theile, und dieselben

*) Während des Erdbebens von Calabrien fand man runde Höhlungen in der Ebene. Sie waren gewöhnlich so gross wie Wagenräder, bisweilen mit Wasser, häufiger mit Sand gefüllt. Es scheint Wasser durch sie ausgestossen worden zu sein. Während des Erdbebens von 1829 in Mercia fand man zahlreiche kleine runde Oeffnungen in einer Ebene nahe am Meere, aus denen schwarzer Schlamm, Salzwasser und Seemuscheln ausgeworfen wurden. Nach dem Erdbeben am Cap der guten Hoffnung im Jahre 1809 war die sandige Oberfläche von Blumenberg-Thal mit runden Höhlungen erfullt, die einen Durchmesser von 6 Zoll bis 3 Fuss hatten, und eine Tiefe von 4 Zoll bis zu 1½ Fuss. Es sollen Strahlen von gefärbtem Wasser aus diesen Höhlungen bis zur Höhe von 6 Fuss während des Erdbebens ausgeworfen worden sein. Während des Erdbebens von Chili wurde Sand in Kegeln erhoben, von denen manche abgestumpft waren und ein Loch in ihrem Mittelpunkte hatten.

Digitized by Google

ruhen auf einem weissen compacten Kalkstein, der jenem Theile von Jamaica gemein ist. *aaaa* und *L* bilden die Grenze von Port Royal

Fig. 158.



vor dem Erdbeben; *NNN* die Ansammlung von Sand, die durch die vorherrschende Brandung und Wirkung des Windes am Schluss des letzten Jahrhunderts zusammengetrieben war, und *III* und *H* spätere Vergrösserungen, die durch die Fortdauer derselben Ursache bis ungefähr in dem ersten Viertel des jetzigen Jahrhunderts durch dieselben Ursachen entstanden waren*). Das Nachrücken des lockeren Sandes scheint in Verbindung mit der durch das Erdbeben hervorgerufenen grossen Meereswelle alle während dieses Erdbebens in Port Royal bemerkten Wirkungen hervorgebracht zu haben, indem nirgends einer dauernden Veränderung in dem relativen Niveau des Meeres und des erhaltenen Theils der Stadt Erwähnung geschieht**). Auf gleiche

*) Es giebt Documente, aus denen nachgewiesen werden kann, mit welcher Schnelligkeit sich der unter dem Namen der Pallisaden bekannte lange Sandstreifen verlängerte, so dass er das Festland von Jamaica mit dem Boden verband, auf welchem Port Royal gebaut ist. Aus dem Zeugniss von Capitän Hals, der Penn und Venables im Jahre 1655 nach Jamaica begleitete, geht hervor, dass der Sand der Pallisaden von der Stadt durch einen schmalen Sandrücken getrennt war, der gerade über dem Wasser erschien, eine Anhäufung von 17 Jahren, denn in jener Zeit bildete Port Royal eine Insel. Vor dem Erdbeben war die Verbindung vollständig, wie auf dem Plane dargestellt ist.

**) Grosse Backsteinhäuser waren auf den Sand gebaut, und es wird erwähnt (*Philosophical Transactions* 1694), dass der Boden nachgab, so weit als die Häuser standen und nicht weiter, wobei ein Theil des Forts und die Pallisaden am anderen Ende der Häuser stehen blieben. Sir Hans Sloane sagt: „Da die ganze sandige Landzunge, auf der die Stadt gebaut war, mit Ausnahme des auf einem Fels gebauten und stehen gebliebenen Forts und der ebenfalls aus Sand bestehende und von den Pallisaden und den Werften eingenommene Raum, der von tiefem Wasser begrenzt waren, bei der Erderschütterung ins Meer stürzte, so bedeckte er die Anker der an den Werften liegenden Schiffe; die Unterlage gab nach, der grösste Theil der

Digitized by Google

Weise finden Bergstürze von den Berggehängen und Meeresklippen während Erdbeben statt, die oft von beträchtlicher Grösse sind. Wenn man die zahlreichen Bergschlüpfe der Art in gebirgigen und selbst hügeligen Districten und längs den Küsten in Betracht zieht, sowie das häufige Fallen von Gesteinen durch die Wirkungen gewöhnlicher atmosphärischer Einflüsse, so müssen oft in Folge heftiger Erschütterung solcher Districte Nachsenkungen verschiedener Art statthaben. Berücksichtigt man den Ursprung von Quellen, und besonders solcher, welche durch Spalten und Klüfte aufsteigen, so begreift sich leicht, dass hier Störungen eintreten, und dass später mechanisch in dem Wasser getragenes Material ausgeworfen wird.

Die „grosse von Erdbeben hervorgebrachte Meereswelle" hilft bisweilen wesentlich zur Modification der erschütterten Küsten, indem sie Massen transportirt, die unter gewöhnlichen Umständen nicht bewegt werden konnten und Auflagerungen an seichten Stellen aufreisst. Die Grösse dieser Wellen ist bisweilen sehr beträchtlich, obgleich dieselbe durch die Furcht der Entfliehenden oft übertrieben worden sein mag. Bei dem Erdbeben von Jamaica im Jahre 1692 folgte heftig wogendes Meer dem Stosse in Port Royal, und die Fregatte „Swan", die an der Werfte lag, wurde von ihm über die Häuser hinweggeführt, wobei einige hundert Menschen ihr Leben retteten, indem sie sich an sie fest klammerten. Die Welle beim Erdbeben von Lissabon im Jahre 1755 stieg im Tajo bis zu einer Höhe von 40 Fuss, wobei die Barre trocken gelegt wurde, andere schwächere folgten ihr, bis das Wasser wieder zu seiner gewöhnlichen Ruhe zurückkehrte. Die Meereswelle desselben Stosses war in Cadix 60, in Madeira 18 Fuss hoch, und wurde an den Küsten von Grossbritannien und Irland wahrgenommen, wo sie an den Küsten von Cornwall 8 — 10 Fuss hoch stieg. Im Meere wurde der Stoss so heftig empfunden, dass man glaubte, die Schiffe seien gestrandet, und in Bezug auf den Ort, wo die grosse Meereswelle ihren Ursprung gefunden hatte, ist es wichtig, dass am Bord eines Schiffes 120 engl. Meilen westlich von St. Vincent, die Mannschaft auf dem Verdeck bis zu einer Höhe von $1^1/_2$ Fuss mit Gewalt senkrecht in die Höhe geschleudert wurde. Die Küsten von Chili*) und Peru sind von ähn-

---

Stadt stürzte zusammen, eine grosse Menschenzahl wurde getödtet und ein grosser Theil der Landzunge wurde drei Faden tief mit Wasser bedeckt." Long (*History of Jamaica*) bemerkt, „dass das Gewicht so grosser Backsteinhäuser zum grössten Theil zu ihrem Einfallen beitrug, denn das Land stürzte nach, soweit die auf dieser Grundlage errichteten Häuser standen, und nicht weiter." Dr. Miller in Jamaica erfuhr, dass unter den Nachkommen der ersten Colonisten eine Tradition existirte, dass der grosse Schaden durch das Nachstürzen des Sandes während des Erdbebens entstand.

*) Die alte Stadt Conception (Penco genannt) wurde im Jahre 1751 durch eine Meereswoge der Art zerstört, und eine Reihe von ähnlichen Kata-

Digitized by Google

lichen Wellen getroffen worden, und in dem grossen Erdbeben von Calabrien im Jahre 1783 wurde das Ufer von Scilla von einer Welle überschwemmt, die 20 Fuss hoch sich über die Niederungen hinstürzte. Solche Wellen sind in der That sehr häufig, werden aber selten besonders bemerkt, wenn sie nicht bedeutende Wirkungen hervorrufen. Das plötzliche Steigen und Fallen des Meeres in so vielen Häfen der Welt, in Meeren, die Ebbe und Fluth, und in solchen, die keine besitzen, und die im ersteren Falle offenbar von den Gezeiten unabhängig sind und nicht von durch den Wind erregten und längs den Ufern verlängerten Wellen abhängen, scheinen oft nichts weiter als die Fortsetzung dieser Wellen zu sein, wenn sie Küsten erreichen, an denen das Erdbeben selbst nicht bemerkt wurde.

Während dergestalt die Erdbebenbewegung dem Wasser des Oceans mitgetheilt wird, müssen auch kleinere Wassermassen. selbst kleine Seen und Flüsse aller Art mehr oder weniger durch dieselbe afficirt werden. Die Wirkungen werden sich bei gleicher Intensität der Erdbebenwelle natürlich nach der Gestaltung des Bodens, nach der Lage in Bezug auf die Verbreitung des Stosses und die Grösse der Seen und umschlossenen Meere richten. Binnenmeere und Seen sind mit Wasser erfüllte Becken oder Mulden von verschiedener Form. Es lassen sich wichtige geologische Modificationen an den Ufern von Districten erwarten, wie sie z. B. den Ober-See begrenzen, wenn sie unmittelbar über einem solchen Stoss liegen, wie der im Jahre 1797 in Riobamba, oder bei dem Erdbeben von Lissabon im Jahre 1755, wo Matrosen von dem Verdeck eines Schiffs gerade aufwärts geschleudert wurden. Im Zusammenhang mit der Erdwelle um den Mittelpunkt des grossen Stosses von Lissabon wurde das Wasser des Loch Lomond 2 Fuss 4 Zoll an das Ufer geworfen, obgleich die Erdwelle hier schon eine so bedeutende Entfernung durchlaufen hatte. Wenn die Stösse Flüsse hinaufgehen und die Schwankungen beträchtlich sind, so wird ihr Wasser vorwärts geworfen, oder fliesst in die gebildeten Mulden oder Höhlungen zurück, wenn die Schwingung weiter geht, und später rollen Wasserstürze ihr Bett hinunter in Uebereinstimmung mit der zeitweiligen Unterbrechung ihrer gewöhnlichen Richtung. Sollten sich Spalten während der Undulation bilden und nicht dauernd offen bleiben, so könnte das in sie stürzende Flusswasser bei ihrem Schliessen plötzlich wieder ausgestossen werden.

In den Nachrichten über Erdbeben geschieht so häufig Erwähnung von Gasen und Flammen, die während Erschütterungen aus Spalten hervortreten, dass ihr Vorkommen ausser Zweifel ist, obgleich viele

---

strophen ist bis zum Jahre 1590 hin verfolgt worden, mit Einschluss der vom Jahre 1730. Auch im Jahre 1835 litt die Stadt von einer grossen Meereswelle.

Digitized by Google

Uebertreibungen und Irrthümer in dieser Beziehung stattgefunden haben können. Interessant ist das Hervortreten von Flammen, mögen sie nun durch die Emanation von Gasen entstehen, die sich einfach entzünden, wenn sie in die Atmosphäre steigen, oder durch Ursachen, die mehr den in Vulkanen beobachteten gleichen. In dem letzteren Falle müssen die Risse in den Gesteinen bis zu einer Tiefe gehen, wo sie die nöthigen vulkanischen Gase erhalten können. Dampfausbrüche neben den Flammenausbrüchen zeigen noch mehr, dass die Spalte bis zu einer Tiefe geöffnet wurde, in welcher beträchtliche Hitze existirte. Das Erdbeben von Cumana im Jahre 1828, wo das Wasser um ein Schiff in dem Hafen zischte und kochte, als wenn ein heisses Eisen in dasselbe gesteckt worden wäre, und wo man beim Aufziehen der Anker fand, dass die Glieder an einem Theil der Kette von 2 Zoll im Durchmesser bis zu einer Länge von 3 Zoll und 4 Zoll verlängert worden waren, liefert den Beweis, dass eine plötzliche Communication mit einer sehr heissen Spalte statthatte. In Ländern, die entweder ganz oder zum Theil aus solchen Ablagerungen bestehen, wie die der grossen Kohlenniederlagen von Europa und Nordamerika, und wo Spalten bis zu einer Tiefe steigen, aus der eine grosse Hitze aufsteigen konnte, konnten sich nicht nur Kohlenwasserstoffgase, die sich in solchen Ablagerungen finden und frei werden, entzünden, sondern durch den zeitweiligen Zutritt der atmosphärischen Luft konnten selbst die zerrissenen Theile der Kohlenflötze verbrennen, und verschiedene Secundärwirkungen in solchen Districten hervorbringen.

Die Erdstösse sind oft, aber nicht immer von Getöse begleitet, das durch den Boden fortgepflanzt wird. Dieses ist je nach den Bedingungen, unter welchen es sich fortpflanzt, von sehr verschiedener Art. Nach Humboldt war der grosse Erdstoss von Riobamba (am 4ten Februar 1799) von keinem Getöse begleitet, während in den Städten Quito und Ibarra die grosse Schallwelle desselben Stosses achtzehn oder zwanzig Minuten nachher gehört wurde. Als ein Beispiel der grossen Entfernung, bis zu welcher unterirdisches Getöse ohne Erdstösse fortgepflanzt werden kann, erwähnt er den donnerähnlichen Schall, welcher über einen Flächenraum von mehreren hundert Quadratmeilen in Caraccas, der Ebene von Calaboso und an den Ufern des Rio Apure während dem Ausbruch des St. Vincent im Jahre 1812 gehört wurde, was, nach Humboldt, in Bezug auf Entfernung dasselbe ist, als wenn ein Ausbruch des Vesuvs im nördlichen Frankreich gehört würde. Er giebt auch an, dass bei dem grossen Erdbeben im October 1746 in Lima und Callao ein Getöse wie ein unterirdischer Donnerschlag eine Viertelstunde später in Truxillo gehört wurde, welches von keiner Erschütterung des Bodens begleitet war. Dieses sind bloss Fortleitungen der Erdwelle durch gute Leiter, wie die meisten festen Gesteine, über die Entfernungen einer zitternden Bewegung des Bodens hinaus. Wenn

Digitized by Google

ein Getöse mächtigen Erdstössen vorausgeht, wie man bisweilen beobachtet, so scheint es hauptsächlich aus Schwingungen hervorzugehen, die keine eigentlichen Erdbeben hervorrufen können, denen grössere Erdwellen nachfolgen. Die anhaltenden unterirdischen Töne, die während eines Monats in Guanaxuato im Jahre 1784 gehört wurden, liefern ein gutes Beispiel von solchen Schallerscheinungen, die von keinen Schwingungen begleitet waren, welche Erdbeben genannt werden konnten *).

Abgesehen von den grossen Erdwellen und ihren Folgen sind die dauernden Erhebungen und Senkungen des Landes in Folge von Erdbeben wohl zu beachten, da solche Wellen bloss Bewegungen sein können, die aus den Ursachen hervorgehen, welche diese dauernden Niveauveränderungen hervorbringen und sich bisweilen über beträchtliche Areale erstrecken. Es begreift sich leicht, dass eine aus dem Innern der Erde nach aussen wirkende Kraft, welche Theile ihrer festen Rinde zerreisst und sonst stört, solche Theile in Bewegung setzen kann, indem sie Erdbeben hervorbringt, welche zwar für den Menschen und seine Werke oft so schrecklich verderblich, aber nichts desto weniger unbedeutend sind, wenn sie durch einen sehr geringen Theil des Erdradius gemessen werden. Wir haben gesehen, dass geschmolzene Masse, die in Spalten erhoben wird, welche in der relativ kleinen Masse eines Vulkans gebildet sind, sein Volumen vergrössern, indem sie den Boden in seiner Nähe auf eine Weise erheben, welche in der Nähe von Ufern wichtige Veränderungen hervorrufen kann. Es lässt sich daher erwarten, dass, wo kein sehr leichter Ausweg, wie ihn ein Krater oder die Seiten eines Vulkans gewähren können, für eine grössere Masse geschmolzener Materie, welche gegen die Hindernisse drängt, zugegen ist, grössere über weitere Areale sich erstreckende Brüche gebildet werden können, die die zerrissenen und benachbarten Gesteinsmassen in Bewegung setzen, und das geschmolzene Gestein, so weit es die Umstände erlauben, in seiner neuen Lage bleibt. In einem solchen Falle würde das Erdbeben bloss eine secundäre Wirkung in Folge der

*) Humboldt (s. Kosmos) sammelte eine Menge von Thatsachen über diesen Gegenstand. „Das Getöse begann am 9ten Januar 1784 um Mitternacht. Von dem 13ten bis zum 16ten desselben Monats war es, als wenn schwere Gewitterwolken unter den Füssen der Einwohner sich befänden, in denen langsam rollender Donner mit kurzen Donnerschlägen abwechselte. Das Getöse hörte allmälig auf, wie es begonnen hatte; es war auf einen kleinen Raum beschränkt, denn es wurde nicht in einem basaltischen Districte in einer Entfernung von nur wenigen Meilen wahrgenommen.“ „Man nahm weder an der Oberfläche noch in den Minen in einer Tiefe von 1598 engl. Fuss das geringste Erzittern des Bodens wahr.“ „Wie sich also Spalten im Innern der Erde schliessen oder öffnen, so wird die Fortpflanzung der Schallwelle entweder in ihrem Lauf aufgehalten oder fortgesetzt, bis sie dem Ohre begegnet.“

Digitized by Google

Kraftäusserung sein, die den Boden nach aufwärts drängt. Obgleich geschmolzene Masse dergestalt über einen grossen statt über einen kleineren Flächenraum erhoben werden kann, so kann doch die Oberfläche der Erde zerrissen, Erdbeben hervorgebracht und Land dauernd erhoben werden, wie später berührt werden soll, durch die blosse Ausdehnung eines beträchtlichen Theils der Erdrinde, indem die Widerstände nach oben zuletzt etwas plötzlich überwunden werden.

Es muss viele Grade der Kraftäusserung geben von der, wo sich die kleinere Masse eines vulkanischen Berges ins Gleichgewicht setzt, bis zu der, wo grosse Massen der Erdrinde entweder erhoben oder gesenkt werden und zwar durch solche plötzliche Bewegungen, dass Erdwellen von verschiedener Grösse den anliegenden Gesteinen mitgetheilt werden. Da die geologische Wichtigkeit der Erhebung oder Senkung des Landes, besonders an Meeresküsten, vollständig anerkannt ist, so ist es sehr wünschenswerth, dass bei jeder sich darbietenden Gelegenheit genaue Untersuchungen in Bezug auf das Maass der Erhebung oder Senkung über oder unter ein etwas beständiges Niveau angestellt werden. Der mittlere Fluthstand an Meeresküsten ist für diesen Zweck sehr angemessen, und diesen kann man oft mit hinreichender Genauigkeit erhalten. In gewissen Aestuarien könnte eine Veränderung in einem Theile des Meeresbodens die Ebbe und Fluth influenciren, so dass eine grössere oder geringere Wassermenge nach Orten fliesst, wo keine merkliche Veränderung des relativen Niveaus des Landes und Meeres stattgefunden hat. Durch Bezugnahme auf Karten von Aestuarien, namentlich solcher, die ausgedehnte Sandbänke an ihrer Mündung haben, wird ein Beobachter sehen, wie wesentlich die Gezeiten von ihrer Thätigkeit durch mässige Erhebungen oder Senkungen an ihren Mündungen influencirt werden können. Bei einigen, wo die mit der Fluth eintretende Wassermenge so bedeutend ist, dass sie bei der Ebbe einen Canal offen hält, besonders wo eine seichte Küste der Wirkung einer heftigen Brandung ausgesetzt ist, kann das Wasservolumen, welches herauf und herunter geht, sehr wesentlich modificirt werden.

Neue Beobachtungen an der westlichen Küste von Amerika, die glücklicher Weise so ganz oceanisch und von keinen grossen Flüssen durchschnitten ist, haben vollständig die Erhebung ausgedehnter Küstenlinien während Erdbeben dargethan. Bei dem Erdbeben im November 1822, welches von Norden nach Süden auf eine Entfernung von ungefähr 300 deutschen Meilen wahrgenommen wurde, wurde die Küste bei Quintero vier Fuss, und bei Valparaiso drei Fuss über ihr früheres Niveau erhoben; Mrs. Graham erzählt, dass Austern und andere Mollusken aus dem Meere erhoben wurden und bei ihrer Zersetzung einen widrigen Geruch verbreiteten. Meyen fand neun Jahre später Algen und Muscheln an der so erhobenen Küste an-

Digitized by Google

hängen und schloss, dass die Erhebung in Central-Chili ungefähr vier Fuss betrug. Lyell berechnete, dass, wenn die bewegte Masse richtig geschätzt worden ist, nämlich, dass sie eine Oberflächenausdehnung von 25,000 Quadratmeilen hatte, das erhobene Areal gleich der Hälfte des von Frankreich und fünf Sechstel des von Grossbritannien und Irland beträgt, und dass, wenn man nur eine halbe deutsche Meile für die Tiefe der erhobenen Masse annimmt, 50,000 Cubikmeilen von Mineralmassen in jener Zeit über ihre frühere Stellung erhoben wurden.

Zur Zeit des Erdbebens an der Küste von Chili im Jahre 1835, als die Städte Conception, Talcahuano und Chillan so schwer durch die Erdstösse litten, wurde auch viel Land erhoben. Capitän Fitzroy, der damals mit einer Aufnahme der Küste beschäftigt war, bemerkt, dass das Meer während einiger Tage nicht fiel, und zwar bis auf vier oder fünf Fuss von seinem gewöhnlichen Stande, und dass selbst bei Hochwasser Bänke von todten Schaalthieren, Chitonen, Tellermuscheln und verwesende, noch an dem Orte ihres Wachsthums anhängende Algen überall dem Auge begegneten. Eine kleine Insel, Santa Maria, südöstlich von Conception, war an ihrem südlichen Ende acht Fuss, in der Mitte neun und an ihrem nördlichen Ende über zehn Fuss erhoben worden. Um die nördlichen Theile von Santa Maria liegt eine ausgedehnte felsige Fläche. Vor dem Erdbeben war dieselbe vom Meere bedeckt, und es zeigten sich nur einige hervorstehende Felsen; nach demselben war die ganze Fläche blossgelegt und grosse Theile derselben mit todten Schaalthieren bedeckt, die einen unerträglichen Geruch verbreiteten. Durch diese Erhebung des Landes wurde der südliche Hafen von Santa Maria fast zerstört, und gewährte nur sehr wenig Schutz mehr und einen sehr schlechten Landungsplatz. — Allmälig verminderte sich die Grösse der Erhebung, so dass in ungefähr zwei Monaten später die Küste bis innerhalb zwei Fuss von ihrem früheren Niveau zurückgesunken war.

Während des Erdbebens von Cutch im Juni 1819 wurde die Oberfläche eines grossen Areals so betroffen, dass ein Theil unter das frühere Niveau gesenkt und ein anderer darüber erhoben wurde. Der „Runn von Cutch", wie man diesen District nennt, ist der niedrigste Theil eines beträchtlichen Flächenraumes, der zwischen dem östlichen Theile des Deltas des Indus und dem Luni-Flusse liegt. Das Areal wird auf ungefähr 7000 engl. Quadratmeilen geschätzt und ist so wenig über dem Niveau des Meeres erhoben, dass während der Monsunwinde das Meer von dem Golf von Cutch und dem Meeresarme bei Luckput hinaufgetrieben wird und einen grossen Theil davon überschwemmt, wobei die spätere Verdunstung des Wassers bisweilen eine einen Zoll mächtige Salzablagerung zurücklässt. Bisweilen ist sie auch theilweisen Ueberschwemmungen durch das Flusswasser ausgesetzt. Es scheint im Ganzen ein District zu sein, bei welchem besonders leicht

Digitized by Google

Modificationen der Oberfläche durch Veränderungen in dem fliessenden, stillstehenden oder angrenzenden Wasser bezeichnet werden. Aus den Thatsachen, welche Lyell*) über das Erdbeben von 1819 gesammelt hat, ergiebt sich, dass unmittelbar nach dem Hauptstoss**) sich ein Damm über den östlichen Arm des Indus bildete, von mehr als 50 engl. Meilen Länge von Osten nach Westen und an einigen Stellen 16 Meilen Breite und mit einer Höhe von 10 Fuss. Dieser wurde von den Einwohnern der Ullah-Bund oder Gottesdamm genannt. Zu derselben Zeit fand südlich vom Ullah-Bund eine Senkung des Landes statt, in welche das Meer den östlichen Arm des Indus hinauf floss und ein Areal von 2000 Quadratmeilen Landes in eine grosse Meereslagune verwandelte. Das Dorf Sindri, welches vor dem Erdbeben an dem Ufer des Flusses gelegen war, versank und bloss die Spitzen des Forts und der Häuser blieben über dem Wasser sichtbar***). In Luckput, weiter den Indus hinab, wurde der Fluss, der dort bei niederem Wasserstande passirt werden konnte und nur ungefähr einen Fuss tief war, später bei demselben Wasserstande achtzehn Fuss tief. Auch andere Theile des Canals wurden vertieft. Der Lauf des Indus war nach dem Erdbeben wenig geregelt, und der Fluss durchschnitt endlich im Jahre 1826 den Ullah-Bund, wobei eine solche Wassermasse in die während des Erdbebens gebildete salzige Lagune geworfen wurde, dass das Wasser viele Monate lang süss wurde, obgleich sich der Salzgehalt im Jahre 1828 wiederherstellte†). Da diese Senkung in dem Lauf eines solchen Flusses statthatte, so lässt sich erwarten, dass dieselbe durch das hineingeführte Sediment sich allmälig wieder ausfüllte, was in diesem Augenblicke stattfindet, indem sich die Lagune schon im Jahr 1838 in Grösse und Tiefe vermindert hatte.

---

*) *Principles of Geology*, 7. edit., 437 — 441.

**) Es wurden Erdstösse vom 16. Juni an, wo das grosse Erdbeben statthatte, bis zum 20. gespürt, wo der Vulkan von Denodur, 30 engl. Meilen nordwestlich von Bhooj, in Thätigkeit gerieth und damit die Schwingungen aufhörten. Der Hauptstoss hatte zerstörende Wirkungen in Ahmedabad und wurde schwach in Punah, 400 engl. Meilen weiter, wahrgenommen.

***) Ueber den Umstand, dass die Häuser nicht umfielen, indem doch Bhooj, die Hauptstadt von Cutch, durch dieses Erdbeben in einen Ruinenhaufen verwandelt wurde, bemerkt Lyell, dass man, wenn dieselben in dem Innern gelegen gewesen wären, wo so viele Forts dem Boden gleich gemacht wurden, vielleicht gar nicht glauben würde, dass ihre Lage eine Bewegung erlitten hätte. Deshalb lässt sich vermuthen, dass grosse dauernde Erhebungen und Senkungen des Bodens das Resultat von Erdbeben sein können, ohne dass die Einwohner etwas von einer Veränderung des Niveaus gewahr werden.

†) Es soll salziger gewesen sein, als das Meer, und die Eingebornen nehmen, nach Burnes, an, dass dies durch Lösung des Salzes statthatte, mit welchem der Runn von Cutch imprägnirt ist.

Digitized by Google

Langsame Erhebungen und Senkungen des Landes.

In vulkanischen Districten, wo eine gewisse Thätigkeit zeigt, dass die Communicationen mit dem Erd-Innern bloss in einem halb ruhenden Zustande sind, oder wo von Zeit zu Zeit die vulkanische Thätigkeit sehr bestimmte Wirkungen auf der Oberfläche hervorruft, obgleich die Ausbrüche oft nach sehr beträchtlichen Zwischenräumen verhältnissmässiger Ruhe stattfinden können, lassen sich bisweilen ruhige Erhebungen oder Senkungen des Bodens erwarten. Unterschiede in dem relativen Niveau von Meer und Land können durch den Wechsel der Temperatur hervorgerufen werden, welchem die festen Gesteine oder andere Mineralablagerungen ausgesetzt sind, indem solche Unterschiede Wirkungen hervorbringen, die von den Bewohnern von Küsten bloss in dem Verhältniss wahrgenommen werden, als die betroffenen Flächenräume mehr oder weniger von Wasser bedeckt oder trocken gelassen worden. Veränderungen in der Temperatur, die in einer so kurzen Zeit einen vulkanischen Berg, wie den Cotopaxi in der heissen und die Berge von Island in der kalten Zone, von ihrem Schnee befreien konnten, müssen nothwendig von einer Ausdehnung der betroffenen Ablagerungen begleitet sein. Wie weit geringere vulkanische Areale in Bezug auf eine gewisse Zeit erhoben oder gesenkt bleiben können, wird von den Verhältnissen abhängen, unter welchen solche Areale im Allgemeinen sich befinden. Ein kleineres vulkanisches Areal, welches in einer Zeit eine beträchtliche Thätigkeit zeigt, kann eine mehr erhitzte Mineralmasse bieten, und folglich mehr ausgedehnt werden als in einer anderen, wenn diese Thätigkeit selbst nur durch mehrere Jahrhunderte aufhört.

Wenn man die Erhebung oder Senkung einer Küste mit Hülfe von Menschenwerken rückwärts verfolgt, welche sich in Bezug auf das Niveau des benachbarten Meeres gehoben oder gesenkt haben, so ist, die Stetigkeit des letzteren angenommen, was besonders in Meeren mit Ebbe und Fluth Schwierigkeiten bieten kann, immer noch ungewiss, in wie weit die eine oder die andere langsam und ruhig gewesen ist. Die plötzliche Erhebung oder Senkung von Land während Erdbeben setzt nicht voraus, dass solche Undulationen und Schwankungen des Bodens stattgefunden, welche immer die Menschenwerke umstürzten, obgleich an Küsten die Widerstandsfähigkeit derselben gegen eine grosse Meereswelle, welche in Folge der Erdwelle wüthend über das Ufer rollt, oft sehr beschränkt sein mag. Hier ist offenbar grosse Vorsicht nöthig, so dass eine langsam anhaltende Erhebung oder Sen-

Digitized by Google

kung des Landes genau von seiner plötzlichen Erhebung oder Senkung während eines Erdbebens unterschieden wird.

Was ein kleineres Areal in einem vulkanischen Districte betrifft, welches Niveauveränderungen während der historischen Periode zeigt, so liefert ein Theil der Bucht von Bajä bei Neapel Beweise davon. Es ist nicht ganz ausgemacht, ob diese Veränderungen mehr oder weniger plötzlich oder allmälig und, während einer ziemlich langen Zeit anhaltend gewesen sind. Blickt man auf die Art des betroffenen Landes, so widersprechen die Thatsachen nicht einer bisweilen langsamen, bisweilen plötzlichen Veränderung des Niveaus. Der Tempel des Jupiter Serapis bei Puzzuoli bietet Anhaltspunkte in Bezug auf die wahrscheinliche Zeit, in welcher die Niveauveränderungen stattgefunden haben. Die Hauptthatsache ist, dass drei etwas mehr als vierzig Fuss lange Marmorsäulen, die nicht mehr ganz senkrecht stehen, bis zu der Höhe von 12 Fuss glatt und unverletzt sind, über welcher sie auf eine Länge von neun Fuss von Lithodomus, einer in dem Mittelländischen Meere gemeinen und noch lebenden Bohrmuschel, angebohrt sind. Der Rest der Säulen, die alle in derselben Höhe dieselbe Erscheinung zeigen, bietet nur die gewöhnlichen Wirkungen atmosphärischer Einflüsse. Auf dem Boden des Tempels befinden sich andere zerbrochene Marmorsäulen, die an einigen Stellen angebohrt sind, und zwar einige nicht nur äusserlich, sondern auch an dem Querbruche. Aus diesen Thatsachen hat man den Schluss gezogen, dass die unteren Theile der Säulen durch irgend eine Ablagerung während einer Versenkung unter dem Meere beschützt waren, wobei die Säulen aufrecht oder beinahe aufrecht standen, während die Theile darüber angebohrt wurden und sich folglich in hinreichend reinem Wasser befanden, so dass die Thiere darin leben, bohren und ihre Nahrung erhalten konnten. Der Rest befand sich über dem Meere oder war bloss bis zu einer Tiefe eingetaucht, unterhalb welcher die Bohrmuscheln gewöhnlich leben. Dies setzt voraus, dass der Tempel auf festem Land gebaut war, dass er sich zwischen zwanzig bis dreissig Fuss unter das Meer senkte und sich später wieder zu seiner jetzigen Höhe erhob, so dass der Boden des Tempels etwa einen Fuss unter dem Hochwasserstande der geringen Gezeiten der Bucht von Neapel sich befindet. Aus verschiedenen Umständen folgert Lyell hinsichtlich des Bodens, in welchem die Grundmauern des Tempels ruhen, dass zuerst ungefähr 80 Jahre vor der christlichen Zeitrechnung, als das alte Mosaikpflaster verfertigt wurde, derselbe sich ungefähr zwölf Fuss über seinem jetzigen Niveau oder demjenigen, in welchem er im Jahre 1838 stand, befand; zweitens, dass er am Schluss des ersten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung nur sechs Fuss über seinem jetzigen Niveau war; drittens, dass er sich am Ende des vierten Jahrhunderts beinahe bis zu seinem jetzigen Niveau gesenkt hatte; viertens, dass er im Mittelalter und

Digitized by Google

vor dem Ausbruch des Monto Nuovo ungefähr 19 Fuss unter seinem jetzigen Niveau war; endlich, dass er im Anfang des jetzigen Jahrhunderts ungefähr zwei Fuss zwei Zoll über dem Niveau war, in welchem er jetzt, im Jahre 1838, steht. Die Beweise moderner Veränderungen des relativen Niveaus von Meer und Land sind, selbst was die Menschenwerke in der Nachbarschaft angeht, nicht auf den Serapis-Tempel beschränkt. Babbage erwähnt, dass sich an der sechsten Säule der Brücke des Caligula in Puzzuoli eine Linie von Bohrlöchern des Lithodomus und andere Zeichen eines Wasserniveaus vier Fuss über dem Meere befinden, und eben so zehn Fuss über dem jetzigen Meeresniveau an der zwölften Säule, und deutet auf die zerbrochenen Säulen der Tempel der Nymphen und des Neptun, die jetzt im Meere stehen*). In Bezug auf die Säulen des letzteren Tempels bemerkt Lyell, dass, wenn der Meeresboden erhoben und die Ablagerungen entfernt würden, dieselben ähnliche Thatsachen darbieten würden, wie der Serapis-Tempel, da sie jetzt aufrecht in fünf Fuss Wasser stehen und sich gerade bis zu der Oberfläche des Meeres erheben, während ihre Piedestale im Schlamm begraben sind. Es befinden sich auch römische Strassen unter Wasser und zwar eine zwischen Puzzuoli und dem Leucriner-See und eine andere nahe dem Schloss von Bajä. Eine Strasse mit einigen Trümmern römischer Gebäude befindet sich unter dem Niveau des Meeres auf der Sorrento-Seite der Bucht von Neapel, und auf der Insel Capri ist einer von den Palästen des Tiberius mit Wasser bedeckt**).

Unabhängig von diesen Beweisen durch Menschenwerke von Veränderungen des relativen Niveaus von Meer und Land giebt es auch geologische Beweise derselben Bewegungen innerhalb einer verhältnissmässig jugendlichen Periode. Babbage erwähnt einer Linie von Bohrlöchern durch den Lithodomus wie die an den Säulen des Serapis-Tempels, 32 Fuss über dem jetzigen Meeresniveau an einer Binnenklippe gegenüber der Insel Nisida***). Lyell weist auf diese Klippe und andere Thatsachen hin, welche diese Veränderungen beweisen, selbst wenn keine Menschenwerke in der Bucht von Neapel den nöthigen Beweis geliefert hätten, und welche im Zusammenhang mit den beobachteten geologischen Thatsachen eine ungleiche Erhebung und Senkung des Landes in verschiedenen Theilen eines diese Bucht umfassenden Flächenraums darthun.

---

*) *Proceedings of the geological society of London, March* 1834, vol. II, p. 74.

**) *James Forbes physical notices of the bay of Naples, Brewster's Edinburgh Journal of Science,* vol. I.

***) *Observations on the Temple of Serapis, at Puzzuoli, near Naples; with remarks on certain causes which may produce geological cycles of great extent: Proceedings of the geological society of London, March* 1834, vol. II, p. 74.

Digitized by Google

Zur Erklärung der allmäligen Senkung und Hebung des Bodens, auf welchem der Serapis-Tempel steht, und welche er für erwiesen hält, bezieht sich Babbage auf die Volumveränderungen, welche in den Gesteinsablagerungen durch den Unterschied der Wärme in ihnen in verschiedenen Zeiten hervorgebracht werden können; eine wichtige Betrachtung, nicht nur in Bezug auf ein kleineres Areal dieser Art, sondern auch in Bezug auf die Erhebung und Senkung grosser Landmassen, welche selbst beträchtliche Theile von Continenten ausmachen. Er bemerkt, dass in Folge der Veränderungen, die jetzt auf der Erdoberfläche vor sich gehen, die Flächen gleicher Temperatur innerhalb ihrer Rinde beständig ihre Form verändern und mächtige Schichten nach aussen hin Temperaturveränderungen aussetzen müssen, und dass durch die Ausdehnung und Zusammenziehung dieser Schichten wahrscheinlich Spalten gebildet, Bergketten und selbst Continente emporgehoben werden. Hinsichtlich dieser Resultate bezieht sich Babbage 1) auf die Zunahme der Temperatur von der Oberfläche nach dem Innern der Erde, 2) auf die Ausdehnung fester Gesteine durch die Wärme, während Thon und einige andere Substanzen sich unter denselben Umständen zusammenziehen, 3) auf die ungleiche Wärmeleitung durch verschiedene Mineralablagerungen, 4) auf die verschiedene Wärmeausstrahlung von der Erde in verschiedenen Theilen ihrer Oberfläche, je nachdem sie mit Wäldern, Bergen, Wüsten oder mit Wasser bedeckt ist, und 5) auf die vorhandenen atmosphärischen Einflüsse und andere Ursachen, die beständig die Oberflächenbeschaffenheit der Erde ändern. Babbage wendet diese Ansichten auf den Boden an, auf dem der Serapis-Tempel steht, und glaubt, dass er eine erhöhte Temperatur hatte, als dieser Tempel zuerst errichtet wurde, dass er sich später durch langsame Abkühlung zusammenzog, und dass, als diese Zusammenziehung einen gewissen Punkt erreicht hatte, ein neuer Zutritt von Wärme aus irgend einem benachbarten Vulkane durch die Vermehrung der Temperatur der Schichten eine abermalige Ausdehnung hervorbrachte, welche den Tempel zu seinem jetzigen Niveau zurückbrachte *).

Verlassen wir den kleinen Flächenraum von Neapel, wo Complicationen durch den vulkanischen Charakter des Districtes entstehen können, so haben glücklicher Weise lange und sorgfältige Beobachtungen im nördlichen Europa dargethan, dass sich Schweden und Norwegen als eine Landmasse langsam und ruhig während der historischen Zeit über den Spiegel des Meeres erheben. Vor ungefähr 150 Jahren schloss Celsius aus einigen Thatsachen, dass das Niveau der Ost- und Nordsee langsam sinke, wie man damals in Bezug auf irgend eine relative Veränderung des Niveaus von Meer und Land leicht annehmen konnte. Obgleich Playfair andeutete, dass es in Uebereinstimmung mit den

*) *Proceedings of the geological Society of London*, vol. II, *March* 1834.

Digitized by Google

Ansichten von Hutton wahrscheinlicher ist, dass das Land gestiegen, so wurde doch das Letztere erst als Thatsache festgestellt, nachdem Leopold v. Buch im Jahre 1807 den District besucht hatte. Derselbe kam zu dem Schluss, dass das ganze Land von Frederikshall in Norwegen und vielleicht bis Petersburg sich langsam und unmerklich erhebt*), und zwar der nördliche Theil schneller als der südliche. Nach den, in die Felsen am Ufer bei ruhigem Wetter im normalen Meeresniveau eingehauenen Zeichen schlossen die mit der Untersuchung im Jahr 1820 — 21 beauftragten Officiere, dass eine Veränderung des Niveaus vorgegangen sei, obgleich die Erhebung nicht überall bis zu demselben Grade stattgefunden. Im Jahre 1834 untersuchte Lyell die damals von diesen Officieren eingehauenen Zeichen und folgerte aus denselben, dass das Land in gewissen Localitäten, im Norden von Stockholm, sich vier oder fünf Zoll erhoben habe. Er überzeugte sich zu gleicher Zeit nach Besprechung mit vielen Ingenieuren, Lotsen und Fischern und nach der Untersuchung der alten Zeichen, dass die früher für eine Niveauveränderung beigebrachten Beweise vollständig und genügend seien. Die Niveauveränderung vermindert sich offenbar, wenn man von den nördlichen Theilen des Bothnischen Meerbusens nach Süden geht, und ist sehr unbedeutend in der Nähe von Stockholm**).

Die Erhebung des genannten Areals erstreckt sich bis zum Nordcap, so dass weitere Spuren sich unter der Nordsee verlieren. Murchison kommt zu dem Schluss, dass, wenn man eine Linie annimmt, die Schweden in der Parallele von Solvitsborg durchzieht, in neueren Zeiten nördlich davon eine Erhebung stattgefunden hat und noch stattfindet, und südlich davon eine Senkung. In Bezug auf die langsame Senkung in Scania glaubt Nilsson***), dass dieselbe seit mehreren

*) Reisen in Norwegen.

**) Lyell in „*Principles of Geology*“ und „*On the Proofs of a Gradual Elevation of certain parts of Sweden*“, *Philosoph. Transact.* 1835.

***) Mittheilung an Lyell, Jahresrede an die geologische Gesellschaft von London, 1837. Nilsson erwähnte ausser anderen Umständen, dass ein Stein, dessen Entfernung von dem Ufer von Scania von Linné im Jahre 1749 gemessen wurde, im Jahr 1836 hundert Fuss näher am Rande des Wassers war, und dass es in den Häfen längs der ganzen Küste von Scania unter der Hochfluthmarke der Ostsee und an einigen Orten unter dem Niveau der niedrigsten Ebbe Strassen giebt. Wenn starker Wind in Malmö geht, überfliesst das Wasser eine von den jetzigen Strassen, und vor einigen Jahren zeigten Nachgrabungen eine alte Strasse an demselben Orte acht Fuss darunter, und man sah, dass dort offenbar eine künstliche Erhöhung des Bodens gemacht worden war, ohne Zweifel in Folge dieser Senkung. Es giebt auch bei Trelleborg und weiter bei Skanör eine Strasse einige Zoll unter dem Hochwasserstand; und in Ystad befindet sich eine Strasse gerade im Niveau mit dem Meere, wo sie nicht ursprünglich gebaut sein konnte.

Digitized by Google

Jahrhunderten im Fortschritt begriffen ist, und Forchhammer*) ist der Ansicht, dass die Insel Saltholm ihr Niveau in Bezug zum Meere seit 600 Jahren nicht wesentlich verändert hat, während die Insel Bornholm einen Fuss im Jahrhundert gestiegen ist, und diese Hebung seit 16 Jahrhunderten anhält.

Bei sehr genauen Messungen von kleinen Veränderungen in dem relativen Niveau von Meer und Land in Binnenmeeren, wie die Ostsee, können wegen ihrer Form und der Art ihrer Verbindung mit dem Ocean störende Einflüsse eintreten, allerdings ohne Beziehung des allgemeinen Flächenraums auf irgend ein beständigeres Niveau, wie das der mittleren Fluthhöhe in einem benachbarten Ocean; aber wenn man auf die Beweise im Ganzen blickt, so thun sie auf das Bestimmteste eine langsame Veränderung in dem relativen Niveau von Land in der angegebenen Weise dar**). Geologische Beweise unterstützen die aus den erwähnten Umständen hergeleiteten Ansichten, denn während die oceanische Küste Ablagerungen zeigt, die über das jetzige Niveau des Meeres erhoben sind, und die Reste von Schaalthieren enthalten, die noch in ihnen existiren, selbst Seeeicheln und kleine Zoophyten, die noch an den Gesteinen anhängen, an welchen sie sich unter dem Wasser befestigen, giebt es an der Seite der Ostsee auch Ablagerungen, die Muscheln enthalten, welche für dieses Meer charakteristisch sind. Obgleich diese Thatsachen nicht gerade zeigen, dass das Land in historischen Zeiten erhoben wurde, so sind sie doch wichtig, weil sie eine relative Veränderung des Niveaus in einer jugendlichen geologischen Periode beweisen.

Niveauveränderungen zwischen Meer und Land, welche durch den Stand der gewöhnlichen Fluthwelle einer oceanischen Küste gemessen werden können, sind nicht auf den Norden von Europa beschränkt. Thatsachen zeigen, dass eine allmälige Senkung der Westküste von Grönland während wenigstens eines Jahrhunderts stattgefunden hat. Pingel hat gezeigt, dass in einem Fiord, Igalliko, in 60° 43′ N.-B., ein auf einer kleinen Felseninsel gebautes Haus jetzt unter Wasser steht; dass die Fundamente eines Magazins in der Colonie von Julianahaab, vom Jahre 1776, jetzt bloss bei der Ebbe gesehen werden; dass man nahe dem Dorfe Fiskenass in 63° 4′ N. B. genöthigt war, die Pfähle für die Kähne fortzurücken, und die alten Pfähle noch im Meere standen, und dass nordöstlich von Godthaab in 64° 10′ N.-B.

---

*) „*On Changes of Level which have taken place in Denmark in the present times*“ *in Transact. of the Geological Society of London*, Vol. VI., 1841.

**) Die durchschnittliche Grösse der Erhebung in Schweden wird auf ungefähr drei bis vier Zoll in einem Jahrhundert geschätzt. Bezüglich der verschiedenen Autoritäten über diese Veränderung verweisen wir wegen seiner unparteiischen Angaben auf *d'Archiac's Histoire des Progrès de la Géologie. Chap.* V.; *Soulèvements et Abaissements contemporains*, t. I., p. 645.

Digitized by Google

die Reste eines Winterhauses jetzt unter dem Fluthstand sind. Pingel erwähnt, dass kein Eingeborener von Grönland sein Haus so nahe an den Rand des Wassers baut, und theilt aus zuverlässiger Quelle mit, dass man jetzt Ruinen von alten grönländischen Winterhäusern in Napparsok, 45 englische Meilen nördlich von Ny-Sukkertop, in 65° 20′ N.-B. unter Wasser sieht*). So giebt es also auf ungefähr 368 englische Meilen Beweise für diese Senkung, und sie erstreckt sich wahrscheinlich noch ungefähr 256 Meilen nördlich bis Disco-Bucht.

Man hat geglaubt, dass die Bewegung in der Bucht von Neapel nicht auf dieselbe beschränkt ist, und dass in Folge der damit zusammenhängenden vulkanischen Thätigkeit eine langsame Bewegung von Italien von der Nachbarschaft von Neapel an bis nach Venedig stattfindet, wenn auch einige Oscillationen des Bodens local sein können. Es soll nahe an der letzten Stadt eine Veränderung des relativen Niveaus von Meer und Land von ungefähr sechs Zoll in einem Jahrhundert stattfinden, und nach Neapel hin soll diese Erhebung, welche sich wie 155 zu 660 nach Süden zu verhält, auf eine Entfernung von wenigstens 520 englischen Meilen wahrgenommen werden**). In Bezug auf Erhebungen im Mittelmeere, die mit Menschenwerken zusammenhängen, erwähnen Spratt und E. Forbes einen antiken Sarkophag in dem Wasser der Bucht von Macri (dem alten Telmissus), der von Bohrmuscheln bis zu einem Dritttheile seiner Höhe angebohrt ist und deshalb eine Senkung und spätere Erhebung der Küste darthut***). Es giebt nicht nur Spuren von Terrassen an den Kalksteinen von Griechenland mit Linien von Löchern von Bohrmuscheln, wie sie jetzt in dem benachbarten Meere wohnen, sondern Boblaye berichtet auch über eine Höhle, nahe bei Napoli di Romania, die 15 — 18 Fuss über das Niveau des Mittelmeeres erhoben ist und eine Breccie enthält, deren Entstehung er in die historische Zeit versetzt, da in ihr Stücke von antiken Thongeschirren eingeschlossen sind †). Verfolgen wir Untersuchungen dieser Art in dem Mittelmeere, so finden wir auf die Autorität von de la Marmora, dass sich an der Küste von Sardinien eine jetzt über das Meer erhobene Ablagerung findet, in welcher sich vermischt mit Land, Fluss- und Meeresmuscheln die Reste von altem Geschirr finden. Die Schicht senkt sich langsam nach dem Meere hin, so dass sie einen Theil einer alten Küste mit einem Theile ihres benachbarten Seegrundes darstellt. Die Reste von Geschirr finden sich, wo eine alte von Menschen bewohnte Küste sich hinzog, und die Meeresmuscheln

---

*) Pingel in *Proceedings of the Geological Society of London*, Vol. II., p. 208.

**) Nach Ant. Niccolini und Em. Campo-Lonzé, *d'Archiac Histoire des Progrès de la Géologie*, t. I., p. 659.

***) *Travels in Lycia, Mylias, and the Cibyratis*, Vol. II., p. 189, 1846.

†) *Journal de Géologie*, t. III.

Digitized by Google

derselben Art, wie sie jetzt in dem benachbarten Meere vorkommen, werden häufig nach aussen, wo der alte Meeresboden war, gefunden. Bei ungefähr 150 Fuss nordwestlich von Cagliari, findet man Austern an dem Fels anhängen, auf welchem sie wuchsen, und de la Marmora entdeckte ebenfalls nordwestlich von Cagliari zwischen dem Geschirr eine runde Kugel von gebrannter Erde, ungefähr halb so gross, wie ein Apfel mit einem Loch in der Mitte, als wenn ein Strick hindurch gegangen wäre. Er glaubt, dass diese Kugel den Fischern gehörte, welche an der Küste ihr Geschäft trieben, und die solche Kugeln statt Blei brauchten, ehe eine Niveauveränderung stattgefunden, welche die Ablagerung in ihre jetzige Stellung brachte.

Die angeführten Thatsachen zeigen, dass sowohl langsame, wie mehr plötzliche Bewegungen des Bodens stattgefunden, seitdem die erwähnten Orte von Menschen bewohnt wurden, und dass an anderen Orten Oscillationen des Landes vorhanden gewesen sein können. Diese Bewegungen können in einem scharf geologischen Sinne nicht permanent genannt werden, da die Geschichte der Oberfläche unseres Planeten, in Bezug auf die Vertheilung von Land und Wasser, eine Geschichte von Veränderung und Modification ist; aber sie können dem grössten Theile nach als solche in Bezug auf den Verlauf vieler Jahrhunderte betrachtet werden, während welcher der Mensch seine Lebensart auf dem so betroffenen Flächenraum ändern kann. Was auch die Ursache dieser Bewegungen im Grossen sein mag, und wie weit die sogenannte vulkanische Thätigkeit bloss eine Modification der Wirkungen ist, die von einer allgemeinen Ursache abhängen, durch welche ganze Continentalmassen über das Meeresniveau erhoben oder unter dasselbe gesenkt werden, so liefern uns die Erdbeben und die jetzt stattfindenden langsamen Erhebungen und Senkungen des Landes Beweise für die schwanke Unterlage, auf welcher die jetzige Gesteinsoberfläche der Erde ruht. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass grosse Erdbeben abhängen von der Zerreissung der Erdkruste, wobei ein früherer Widerstand gegen eine erhebende oder senkende Kraft plötzlich überwunden wird, während bei den allmäligen Bewegungen der Erhebung oder Senkung dieses langsam und ruhig geschieht. Ohne Zweifel wird der Beobachter die Ursache dieses unstätigen Zustandes der Erdoberfläche besonders seiner Beachtung würdigen, wenn er bei der Untersuchung der verschiedenen Ablagerungen, die ihm die Vergangenheit unseres Planeten erzählen, Beweise für die Erhebungen und Senkungen von alten Oberflächen findet, gegen die die oben erwähnten kaum in Betracht kommen. Es würde hier nicht der Ort sein, in die Hypothesen einzugehen, welche darüber aufgestellt worden sind; wir wollen aber doch auf die Resultate aufmerksam machen, die durch Veränderungen auf der Erdoberfläche hervorgebracht werden, durch welche festes Land erniedrigt und der Meeresboden erhoben wird, und

Digitized by Google

auf welche Babbage hindeutete, als er die Oscillationen des Bodens, auf welchem der Serapis-Tempel steht, zu erklären suchte, da dieselben kaum ausser Acht gelassen werden können, wenn wir uns nach irgend einer localen oder centralen Quelle für die Wärme unterhalb der Oberfläche der Erde umsehen, mag diese Erklärung nun für alle beobachteten Erscheinungen hinreichen oder nicht *).

Untermeerische Wälder und erhobene Ufer.

Diese Namen für verhältnissmässig jugendliche Veränderungen in dem relativen Niveau von Land und Meer, seitdem die Vegetation des ersteren und das thierische Leben in dem letzteren beinahe dieselben gewesen sind, wie man sie jetzt in ihrer Nachbarschaft findet, sind zwar nicht besonders gut gewählt, da viele durch die Versenkung des pflanzlichen Lebens und das Anhäufen von Meeresresten am Ufer zu verschiedenen geologischen Zeiten bezeichnete Senkungen und Erhebungen des Landes stattgefunden haben; aber sie sind hier ihrer Bequemlichkeit wegen beibehalten, da die durch dieselben bezeichneten Thatsachen einer Periode angehören, welche nicht weit von der Epoche des Menschen entfernt ist, obgleich keine Spuren des Menschen und seiner Werke in Verbindung mit ihr gefunden werden. Die Beweise

*) Babbage bemerkt (*Proceedings of the Geological Society of London, Febr.* 1834, Vol. II., p. 75), dass wenn ein Meer oder ein See durch die fortgesetzte Abschwemmung des benachbarten Landes ausgefüllt wird, neue Schichten gebildet werden, die die Wärme viel langsamer als Wasser leiten, und dass auch die Wärmestrahlung von der Oberfläche des neuen Landes verschieden von der des Meeres ist. Deshalb muss irgend eine locale oder centrale Wärmequelle, welche früher unter jenem Meere existirte, die Schichten unter seinem Boden erhitzen, weil sie jetzt durch einen schlechten Wärmeleiter bedeckt sind. Die Folge wird sein, dass sie durch ihre Ausdehnung die neu gebildeten Schichten über ihr früheres Niveau erheben, und auf diese Weise kann der Boden eines Oceans zu einem Continent werden. Die ganze Expansion, die aus den veränderten Umständen hervorgeht, braucht erst lange nach der Ausfüllung des Meeres stattzufinden, in welchem Falle seine Umwandlung in festes Land theilweise von der Ausfüllung durch Detritus und theilweise von der Erhebung des Bodens herrührt. Wenn die Hitze jetzt die neugebildeten Schichten durchdringt, so kann eine verschiedenartige Thätigkeit stattfinden, die Thon- oder Sandschichten können fest werden und sich zusammenziehen anstatt sich auszudehnen. In diesem Falle werden entweder grosse Einsenkungen innerhalb der Grenzen des neuen Continentes sich bilden, oder nach einem weiteren Zwischenraum kann das neue Land sich wieder senken und ein seichtes Meer bilden. Dieses Meer kann wieder durch eine Wiederholung derselben Processe wie zuvor gefüllt werden, und so können Abwechslungen von Meeres- und Süsswasserbildungen vorkommen, zwischen denen die Bildungen des festen Landes gelagert sind.

Digitized by Google

für die Abwesenheit des Menschen von den Küsten, wo diese Veränderungen stattgehabt haben, sind freilich negativer Natur, da für die Erhaltung sowohl seiner eigenen Reste, wie der seiner Kunstfertigkeit gewisse Verhältnisse nothwendig sind, und gewiss können einige Veränderungen dieser Art stattgehabt haben, seitdem der Mensch auf unserem Planeten geschaffen war, obgleich bis jetzt keine Spuren seiner Existenz weder in den gleichzeitigen Ablagerungen selbst, noch in der Art ihres Vorkommens entdeckt worden sind. Während Veränderungen in dem relativen Niveau von Land und Meer in Ländern stattgefunden haben, die lange von civilisirten Rassen bewohnt wurden, und jetzt noch beobachtet werden, wo nur die Aufmerksamkeit darauf gerichtet wird, so ist kaum anzunehmen, dass Aehnliches nicht auch in Gegenden der Fall war, welche von Menschen mit weniger vorgerückter Civilisation bewohnt wurden, besonders da das Studium der Geologie uns lehrt, dass solche während einer langen geologischen Zeit stattgefunden haben.

Die Senkung einer Küste bis zu einer bestimmten Tiefe wird ohne historische Aufzeichnung des Ereignisses selten nachgewiesen werden können. Das Wasser wird, ausgenommen unter sehr seltenen und günstigen Umständen, die Spuren der alten Küstenlinien verwischen und neue mechanische oder chemische Ablagerungen werden dieselben noch weiter verbergen. Was die Beweise einer Senkung der Küsten von Europa auf einen beträchtlichen Raum an seiner westlichen Meeresküste angeht, so werden sie uns glücklicher Weise durch die Bäume und Ablagerungen von anderen Pflanzen in ihrer Nähe geliefert, welche mit dem Namen von submarinen Wäldern bezeichnet worden sind. Man findet dieselben unter denselben allgemeinen Verhältnissen von den Küsten von Skandinavien bis zu denen von Spanien und Portugal und an den Britischen Inseln. Ihre allgemeinen Charaktere sind dem Ganzen so gemeinsam, dass, ohne eine absolut gleichzeitige Senkung oder eine Senkung von gleicher Grösse an allen Orten anzunehmen, eine sehr bestimmte Veränderung in dem relativen Niveau von Meer und Land über dem ganzen Flächenraum übrig bleibt. Diese Wälder finden sich bisweilen an der Seeseite eines kleinen Thals und anderer grösserer Thäler, selbst unter den Ablagerungen eines bedeutenden Aestuariums, und erstrecken sich unter Ablagerungen von Kies, Sand und Thon auf beträchtliche Entfernungen ins Land, wobei die letzteren bisweilen etwas über dem Meer erhoben sind und beträchtliche Landstrecken einnehmen.

Die Flächen, auf welchen diese Wälder ruhen, haben eine wechselnde Neigung, obgleich sie sich gewöhnlich in einem sehr geringen Winkel nach dem Meere zu senken. Wenn der Beobachter sich denkt, dass während niederem Wasserstande an einer Küste, welche Ebbe und Fluth besitzt, eine Veränderung in dem relativen Niveau von Land und Meer stattfindet, so dass die Linie der Ebbe zur Linie der Fluth

Digitized by Google

wird, so kann er sich eine gute Vorstellung von den mannigfaltigen Neigungen und verschiedenen Arealen bilden, auf welchen die Bäume und andere Pflanzen gewachsen sind, und welche jetzt, theilweise oder ganz untergetaucht, die submarinen Wälder bilden. Während dieselben oft ganz unter dem Niveau der Fluth sind, so sind sie in anderen Fällen oft zum Theil unter demselben, zum Theil erheben sie sich bis an dasselbe oder darüber. Der folgende Durchschnitt, Fig. 159, zeigt die

Fig. 159.

Art des Vorkommens von vielen, wo nach einer Senkung andere Ablagerungen über einen Theil, wenn nicht über das Ganze stattgefunden haben, so dass während ein Theil durch die Thätigkeit der Brandung blossgelegt wird, ein anderer nach dem Meere zu unter dem Wasser verborgen bleibt, oder im Lande durch Kies, Sand oder Thon bedeckt ist. *a b* soll das Niveau der Fluth darstellen und *c d* das der Ebbe, *e f* eine Linie, welche die allgemeine Ebene des untermeerischen Waldes bezeichnet, *g* ein auf die gewöhnliche Weise aufgeworfener Strand und *h* Sand, Thon oder irgend eine andere Ablagerung, die den Wald bedeckt, so werden dann gewöhnlich, besonders nach einem solchen Zustande der Gezeiten und des Wassers, welche einen Theil des Strandes entfernen, die Bäume und die übrige Vegetation allein an dem Ufer in einem Niveau sichtbar, welches dem entspricht, in welchem die Fluth die allgemeine Ebene des Waldes schneidet. Die Ausdehnung der Bäume nach dem Meere hin kann dann vielleicht nie bekannt werden, ausgenommen, wo Ankerplätze für Schiffe oder Fischereien sind, wo die Anker oder Netze Theile davon mit heraufbringen. Auf gleiche Weise kann ihre Ausdehnung nach dem Lande zu bloss durch die Anlage von Canälen, Docks oder andere Arbeiten offenbar werden, die die aufgelagerten Ablagerungen durchschneiden.

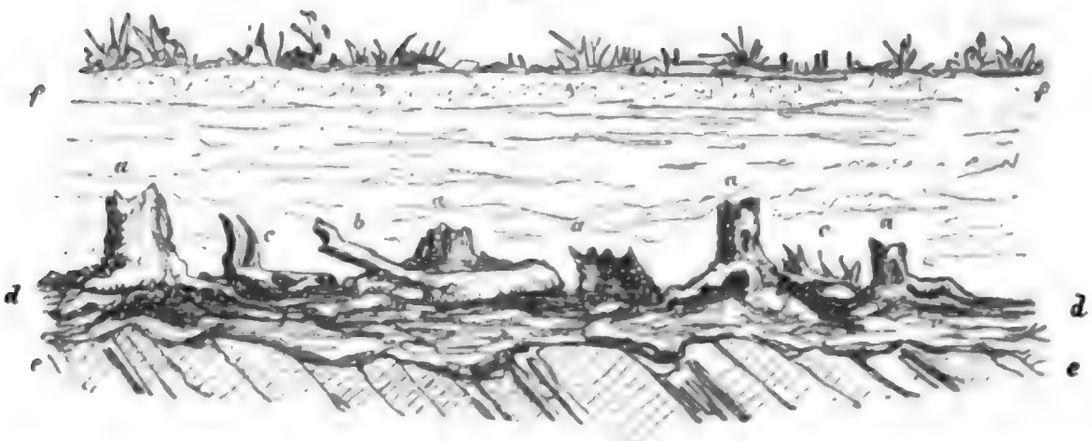
Obgleich diese Bewegung über einen so beträchtlichen Flächenraum nicht immer ruhig gewesen sein mag, so führt der sehr gewöhnliche Zustand der Vegetation zu dem Schluss, dass dieselbe oft so gewesen ist; denn wie in dem folgenden Durchschnitt (Fig. 160 a. f. S.), befinden sich die Bäume *a a a a a* an dem wirklichen Orte, wo sie gewachsen sind, obgleich auch liegende Bäume *b* zwischen ihnen gefunden werden, und die Zweige, Blätter und andere Pflanzen, und thierische Reste, wie Hirschgeweihe und Ochsenhörner, *c c*, die mit den Wurzeln gemischt oder in ihrer Nähe angehäuft wurden und einen Theil des alten Bodens *d d* ausmachen, keine Störungen erlitten haben. Zur weiteren Erläuterung sind auch die Gesteine im Liegenden *e e*, welche

Digitized by Google

von aller Art sein können, und auch einige von den Schichten *f f* im Hangenden nach dem Lande zu dargestellt.

Wenn man einen von den zahlreichen Orten studirt, wo diese

Fig. 160.



Wälder vorkommen, so ist es wünschenswerth, dass dies mit Rücksicht auf die Localität und ihren Zusammenhang mit einem grösseren Flächenraum, mit der Art des Wachsthums der Bäume und die Verbreitung anderer mit ihnen vermischter Pflanzenreste, in Bezug auf ihre Uebereinstimmung oder ihren Unterschied von anderen Pflanzen die jetzt in der Nachbarschaft gefunden werden, geschieht; ferner mit Rücksicht auf die Thierreste, die mit der Vegetation gemischt sind, und die wahrscheinliche Form des Areals, welches von dem Wald eingenommen wurde, sowohl seewärts als landwärts. Viele Winkel und Einschnitte in Meeresbuchten, wo Vegetation unter Verschiedenheiten des Niveaus existirt haben kann, so dass mehr festes Land da war, müssen untersucht werden, sowie sehr geschützte Lagen, die den Verwüstungen des Meeres weniger ausgesetzt sind. So liefern ein Theil der Küste von Tiree auf den Hebriden, die Bucht von Skaill, auf den Orkneyinseln, obgleich beide dem Ocean ausgesetzt sind, die Reste dieser Wälder ebenso gut wie die Verzweigungen alter Aestuarien an den Ufern des Canals und des Severn und die Niederungen von Lincolnshire und Cambridgeshire, die jetzt an den östlichen Küsten durch die Wash begrenzt sind. Was die fluthlose Ostsee betrifft, so finden sich Eichen- und Tannenstämme (*Pinus sylvestris*) und andere Bäume mit den Wurzeln in natürlicher Lage, oft mehrere Male über einander, und das Ganze fünf Fuss unter dem Niveau dieses Meeres an verschiedenen Punkten der Küste bei Greifswalde, bei Gnageland an der Südostseite des Haffs, auf der Insel Usedom und in der Nachbarschaft von Colberg. Sie sind vom Meere durch Sanddünen von verschiedener Breite getrennt, unter welche sie sich nicht erstrecken und verschwinden dort allmälig. In der vegetabilischen Masse, welche die Bäume begleitet, werden allein Land-, Sumpf- und Süsswasserpflanzen mit

Digitized by Google

ihren Samen gefunden, und Reste von Meerespflanzen kommen nicht vor*).

Bisweilen werden die Knochen von Vierfüsslern und ihre Fussspuren in diesen Wäldern entdeckt und ebenso die Reste von Insecten, welche wichtig sind, da sie den Beobachter befähigen, die Vertheilung des thierischen Lebens des Landes, sowie die der Pflanzen der Zeit zu erkennen. So finden sich unter den, anscheinend aus dieser Zeit herrührenden pflanzlichen Ablagerungen an den Ufern des Humber Reste des Hirsches (*Cervus elephas*) und des Damhirsches (*Cervus dama*), und in dem untermeerischen Walde von Minehead im Somersetshire sind die Knochen und Geweihe des Hirsches zwischen aufrechten Baumstümpfen, namentlich Eichen, entdeckt worden, welche sich jetzt unter dem Niveau des Meeres befinden und von demselben bei der Fluth bedeckt sind. Die Bäume sind fest gewurzelt wie bei ihrem Leben. Das Letztere ist besonders ein interessanter Umstand, da der Hirsch sich noch wild in dem benachbarten Walde von Exmoor findet, so dass die Niveauveränderung stattgehabt, seitdem derselbe den District bewohnte. In Cornwall kann eine Niveauveränderung, welche Vegetation an der Stelle ihres Wachsthums versenkte, selbst nach dem Eintritt des Menschen ins westliche England stattgefunden haben, denn in Zinnseifenwerken von Carnon nördlich von Falmouth, in denen Zinnerzgeschiebe unterhalb dem Grunde eines Aestuariums gewonnen werden, sind Menschenschädel mit Hirschknochen zwischen den Bäumen und anderen Pflanzenresten gefunden worden, welche die Zinnseifen bedecken. Bäume sind zum Theil an der Stelle ihres Wachsthums mit ihren in die Zinnseifen sich erstreckenden Wurzeln 48 Fuss unter der Hochfluthmarke in den Zinnseifen von Pentuan in Cornwall entdeckt worden, unter einer Bedeckung von Fluss- und Deltaablagerungen, die das Aequivalent der Carnonschicht sein können, und nicht sehr verschieden in Tiefe unter demselben Niveau. Welches auch die Zeit gewesen sein mag, in der die Schädel begraben wurden, im Falle die Carnonablagerung, in der sie entdeckt wurden, nicht genau gleichzeitig mit dem submarinen Wald ist, den der Bergbau in Pentuan aufgeschlossen hat, so ist doch offenbar, dass, nachdem die Ursachen, welche die Zinnseifen von Cornwall bildeten, aufgehört hatten, das relative Niveau von Meer und Land in diesem District ein solches war, dass Pflanzen und Bäume, die von denen der jetzigen

*) An mehreren Orten ist die *Arundo phragmites* so häufig, dass die torfige Masse ganz daraus zu bestehen scheint. Die unteren Schichten enthalten *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton pusillum*, *Najas major* und *Nymphaea lutea*. Mit der *Arundo* finden sich auch *Scirpus palustris* und *Hippuris vulgaris*. In den unteren Schichten sind auch Samen, besonders von *Menyanthes trifoliata* häufig. Der Grund unter dem Torf enthält Süsswassermuscheln: *Paludina impura*, *Lam.*, *Planorbis imbricatus*, *Cyclostoma acutum* und *Limneus vulgaris*.

Digitized by Google

Zeit nicht sehr verschieden sind, auf dem Kies wuchsen, und dass später dieses Niveau verändert wurde, so dass das Meer die unteren Theile der Thäler bedeckte, die früher über dem Wasser waren. In den so gebildeten Meeresarmen wurden Schlick, Schlamm und Sand abgelagert, welche die Reste von Meeres- und Deltamuscheln von derselben Art begruben, wie die, welche jetzt an der Küste existiren, und endlich bedeckte durch den fortdauernden Absatz von Alluvialmassen Flusssediment diese Meeres- und Deltaablagerungen, als sie sich bis zu der nöthigen Höhe angehäuft hatten.

Was die britischen submarinen Wälder angeht, so zeigen sie nicht nur, dass der Hirsch und der Damhirsch, jetzt lebende Arten, in denselben lebten, als sie über dem Wasser und in vollem Wachsthum waren, und dass auch möglicher Weise in jener Zeit der Mensch ein Bewohner des westlichen Englands gewesen sein kann, sondern, dass sie auch wenigstens von einer grossen, jetzt erloschenen Säugethierart bewohnt wurden. Beweise für diese Thatsache haben die submarinen Wälder an den Küsten des südlichen Wales geliefert. Unter anderen Stellen, wo sie sich an den Ufern in diesem District finden, giebt es eine beträchtliche Niederung, welche sich von der Mündung des Neathflusses östlich über Port Talbot hinaus erstreckt und von einer Bedeckung von Flugsandhügeln eingefasst ist. Unter diesen und der Niederung haben natürliche und künstliche Operationen bisweilen die vegetabilische Ablagerung, die Baumstümpfe, mit den Wurzeln in ihrer natürlichen Stellung, niedergeworfene Bäume und die gewöhnlichen Merkmale solcher Wälder blossgelegt. Auf der Oberfläche des Thons, in welchem die Bäume gewurzelt sind, hat man hier und da Fussspuren entdeckt, gleichsam in Pfaden zwischen den Bäumen, auf welchen die Thiere ihren Weg durch sie fanden, und zwar Fussspuren von verschiedener Gestalt und Grösse, von denen einige offenbar dem Hirsch angehören, während hier und da sich ein grosser Eindruck befindet, der von einem riesigen Ochsen herrührt, indem die Füsse viel weiter wie bei dem jetzigen Ochsen selbst von der bedeutendsten Grösse aus einander standen. Dieses ist keine isolirte Thatsache, denn 28 englische Meilen weiter westlich wurde bei dem Ausgraben von Docks für den Hafen Pembre in Caermarthenshire bei der Entfernung von Sand der submarine Wald, der unter einem grossen Theile des Delta des Burry und Llwchwr vorkommt, und ebenfalls Fussspuren von einem grossen Ochsen mit denen des Hirsch gefunden. Da die Hörner und der Schädel des *Bos primigenius* ganz in der Nähe entdeckt wurden, und wahrscheinlich von denselben Schichten herrühren, so können die erwähnten Spuren wohl die dieses grossen Thieres gewesen sein.

Wir kommen darum zu einer Periode für das Wachsthum dieser Wälder in England, in der nicht nur Arten der jetzigen Thiere von England dieselben bewohnten, sondern auch eine, wenn nicht mehrere

Digitized by Google

der erloschenen Arten, was uns in Zeiten zurückführt, wo Elephanten, Hyänen und andere erloschene Säugethiere ebenfalls England bewohnten. In der That, wenn man von irgend einer benachbarten Höhe das Land betrachtet, welches das Aestuarium des Burry und Llwchwr mit seinem submarinen Walde einschliesst, und ebenso eine von den Kalksteinhöhlen dieses Districtes, in der die Reste von Hyänen, Rhinocerossen und anderer Thiere gefunden werden, und die Mündung der Höhle nicht weit über dem Niveau des ehemaligen Waldes liegt, so wird es dem Beschauer schwierig, genau die Zeit zu trennen, in der der Wald wuchs und der Hirsch der heutigen Zeit, der grosse erloschene Ochs und das Rhinoceros aufhörten Zeitgenossen zu sein, vor der Senkung des Landes unter das Niveau des benachbarten Oceans, wobei nicht nur die Baumstümpfe in dem Boden gewurzelt blieben, in welchem sie wuchsen, sondern auch die Fussspuren von Säugethieren, die den Wald damals bewohnten, während der Zeit unverletzt blieben, wo sie mit Schlick und Sand bedeckt wurden.

Während es darum Beweise für eine Veränderung in dem relativen Niveau von Meer und Land giebt, durch welche das letztere mehrere Fuss unter das erstere längs der Küsten von Europa auf ungefähr 20 Breitegrade erniedrigt wurde, giebt es auch Beweise von Niveauveränderungen an denselben Küsten der umgekehrten Art, in Strandbildungen und abgenutzten Klippen, und die Reste von Mollusken zeigen, dass diese Veränderungen statthatten, als die letzteren dieselben Arten waren, wie die, welche jetzt in den benachbarten Meeren wohnen. Es ist früher erwähnt worden, dass jetzige Molluskenspecies in Ablagerungen vorkommen und ein sehr kaltes Klima des nördlichen Europa in einer verhältnissmässig jugendlichen geologischen Periode darthun, eine Periode, in welcher Mollusken von einem arctischen Charakter weiter südlich als jetzt gingen. Blicken wir auf dieselbe Epoche und auf die Beweise, welche eine Senkung und Hebung des Landes der Britischen Inseln von 1000 — 1500 Fuss darthun, und wahrscheinlich auch von einem grossen Theile des westlichen Europas zu verschiedenen Tiefen und Höhen, so müssen sich viele alte Küsten und Strandbildungen finden, deren grössere oder geringere Erhaltung von localen Umständen und von den mehr allgemeinen Einflüssen verschiedener Klimate abhängt. Unter den verschiedenen Klippen und Ufern, die nach einer so beträchtlichen Hebung zurückblieben, müssen sich, angenommen, dass sie langsam war und Zwischenräume der Ruhe stattfanden, grosse Verschiedenheiten im Niveau der Klippen und Ufer finden, wobei nichts desto weniger unter fast gleichen Umständen die Klippen und Ufer desto geringere Veränderungen erlitten haben, je jugendlicher sie sind.

Die Küsten von Europa bieten viele Beispiele von Klippen und Ufern dar, welche über das jetzige Niveau des benachbarten Meeres

Digitized by Google

erhoben sind, und wo die Ufer Muschelarten enthalten, welche noch in dem Meere leben. Die Küsten von England liefern durch ihre Lage und die verschiedenen Bedingungen, unter welchen sie sich in Bezug auf Schutz oder Offensein gegen das Atlantische Meer und das verschiedene Steigen und Fallen der Ebbe und Fluth befinden, treffliche Gelegenheit für das Studium dieser Klippen und Ufer. Bei der Betrachtung solcher Niveauveränderungen muss man nicht die Veränderungen vergessen, welche durch die Umwandlung eines Aestuariums, das die von dem Atlantischen oder einem anderen Meere kommende Fluthwelle empfängt, in ein offeneres Areal durch die Senkung des Landes stattfinden und durch eine Umwandlung der letzteren in die erstere durch eine Hebung, wo die Abschwemmung der Klippen oder die Anhäufung von Strandbildungen bis zu der Hochfluthmarke stattfindet. Zum Beispiel, wenn das Land von Neu-Braunschweig und Neu-Schottland unter den Ocean gesenkt würde, wozu keine sehr beträchtliche Senkung gehört, so dass die Fluthwelle leicht von der jetzigen Fundy-Bai nach dem Golf des St. Lorenz fliessen könnte, so würden die Ursachen aufhören, welche jetzt das bedeutende Steigen der Fluth in jener Bucht und folglich seinen Horizont von Klippen und Ufern hervorbringen. Dasselbe würde auch in geringerem Maasse stattfinden, wenn das den Bristol-Canal und seine Fortsetzung, den Severn, begrenzende Land so unter sein jetziges Niveau gesenkt würde, dass die grosse Fluthhöhe von 46 — 50 Fuss in King's Road bei Bristol und bei Chepstow nicht mehr statthätte und die Fluthwelle ohne grosses Hinderniss weiter und im Norden und Süden von Wales herumginge, wodurch dieses zu einer Insel würde. In diesen Fällen würde die geneigte Ebene, welche der Hochwassermarke entspricht, zu verschiedenen Tiefen unter das allgemeine Niveau gesenkt werden. Auf gleiche Weise muss man genau die Veränderungen und Modificationen abwägen, durch welche in ähnlichen Aestuarien oder Buchten während des Aufsteigens aus dem Meere solche Gezeiten sich bilden, wie man sie jetzt findet, so dass nach der Bildung von Klippen oder Ufern bei einem mehr gleichen Niveau diese mehr geneigte Ebenen der einen oder der anderen bilden können. Die Modificationen der relativen Höhen, bei welchen Klippen und Ufer gleichzeitig an allen Küsten gebildet werden können, welche Ebbe und Fluth besitzen, je nach dem allgemeinen Niveau von Land und Meer in der betreffenden Zeit, müssen sehr sorgfältig berücksichtigt werden, und eben so die wahrscheinliche Umwandlung der Meere mit Ebbe und Fluth in solche, die keine besitzen, und umgekehrt. Meere ohne Ebbe und Fluth, d. h. ohne solche, die keine merkliche geologische Wirkung hervorbringen können, geben im Ganzen bei gehöriger Berücksichtigung der störenden Einflüsse der Winde ein besseres allgemeines Niveau als der Fluthhorizont an Küsten, die durch die Wirkung der Gezeiten verschieden afficirt werden.

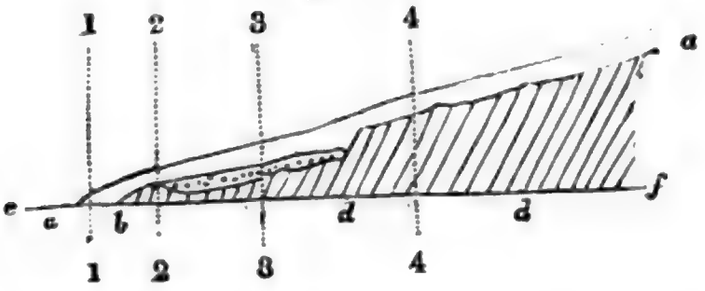
Digitized by Google

Hauptsächlich durch die Wirkungen atmosphärischer Einflüsse, durch welche die Seiten von Hügeln und Bergen zersetzt werden und die zersetzten Theile nach den Thälern und Niederungen zufallen, wie in dem folgenden Durchschnitt (Fig. 161), wo gewisse Gesteine

Fig. 161.

b b, z. B. Schiefer, welche auf der Oberfläche von Hügeln *a a* zersetzt sind, mehr oder weniger von diesem Detritus bedeckt werden, und sich in Einsenkungen anhäufen, wie in dem Thal *c*, werden manche Klippe und mancher Strand verborgen, so dass im Binnenlande viel seltener Gelegenheit sich für ihre Beobachtung darbietet, wie nahe am Meere, wo eine Küste so nach rückwärts abgetragen wird, dass der Strand und die Klippe unter dieser Art von Decke sichtbar werden. Es soll z. B. der folgende Durchschnitt (Fig. 162), wie er im west-

Fig. 162.

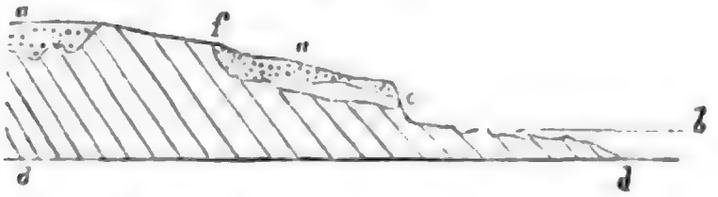


lichen England nicht ungewöhnlich ist, einen erhobenen Strand darstellen, der durch eine Bedeckung *a a* verborgen wird, welche aus zersetztem Gestein und anderem von einem benachbarten Hügel herabgekommenen Detritus besteht, und *e f* das Niveau des Meeres bei Hochwasserstand. Sollte sich eine mächtige moderne Strandablagerung bei *e* finden, so dass die Brandung wenig Zutritt zu dem unteren Theil des frischen Detritus *a a* hat, so können selbst die untenliegenden Gesteine an dem Punkte *b* bedeckt sein; aber wenn die Brandung frei wirken kann, so dass sie rückwärts eine Klippe bildet, so wird weder die erste Entfernung 1, 1, noch die zweite 2, 2 die verborgene Klippe blosslegen, und die letztere würde bloss den unterliegenden Fels bei *b* zeigen. Wenn indessen die Abtragung die Entfernung 3, 3 erreicht hätte, so würde der Strand blossgelegt werden; sollte indessen die Brandung die Klippe noch weiter bis nach 4, 4 hin abtragen, so würde keine Spur des Strandes zurückbleiben. Der folgende Durchschnitt (Fig. 163 a. f. S.), der Hoe in Plymouth, zeigt, wie dies in der That stattfinden kann. In demselben sind *d d* die devonischen Kalksteine, und auf einem Theil davon ruht der Strand *a* ungefähr 30 Fuss über dem Hochwasserstand

Digitized by Google

und enthält die Reste von Muscheln derselben Art, wie sie jetzt in den benachbarten Meeren gefunden werden. Bei *a* wird dieser von ecki-

Fig. 163.



gen Bruchstücken des Kalksteins des Hügels bedeckt, welche von der Zersetzung seines oberen Theils herrühren, in derselben Art wie die, welche ein Loch darüber bei *a'* ausfüllen. Bei *f* sieht man die alten Klippen hinter dem Strande *c*. Dieser Durchschnitt wurde durch Sprengarbeiten in Kalkstein blossgelegt.

Der folgende Durchschnitt (Fig. 164) eines Theils der Küste von

Fig. 164.

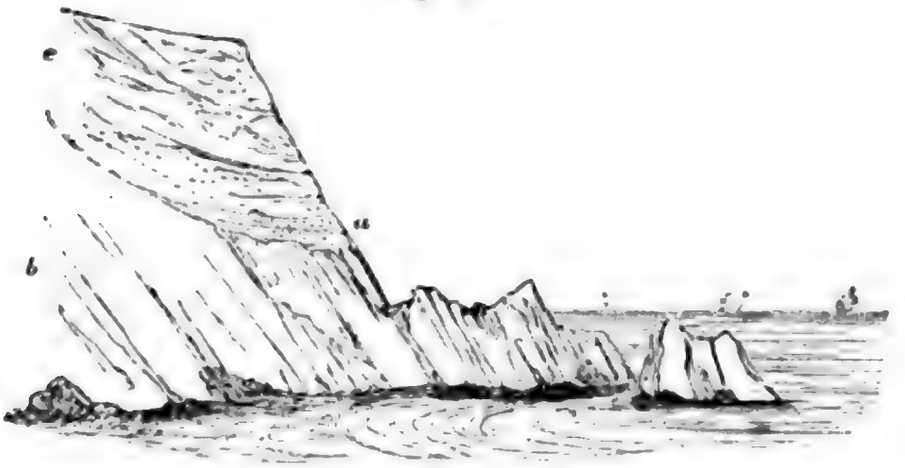
Cornwall in der Nähe von Falmouth giebt eine Erläuterung der Art, wie ein erhobener Strand durch den von dem Hügel darüber fallenden Detritus bedeckt werden kann; in diesem Falle über eine alte Klippe, welche verborgen sein würde, wenn nicht die Küste durch die Brandung abgetragen wäre. Der Durchschnitt ist zwischen Rosemullion-Head und Mainporth blossgelegt, und der eckige Detritus *c* von Schiefer und mehr sandigen Schichten, der offenbar von dem Hügel *h* herrührt, bedeckt die Klippe *b* und den Strand *a*, welche in jeder Beziehung mit denen in den benachbarten Buchten und Baien übereinkommen. In diesem Durchschnitt findet man auch einen niedrigen Horizont von Gesteinen *e a*, der zu einer Zeit gebildet wurde, als die Brandung bei einem anderen relativen Niveau die alte Klippe *b* bildete, wie ähnlich geebnete Theile der Gesteine jetzt an denselben Küsten bei einem niederen Niveau gebildet werden. Nicht weit davon entfernt ist an derselben Küste an einem Orte, der Nelly's Cove heisst, der folgende Duchschnitt (Fig. 165) blossgelegt, worin *a* den erhobenen Strand, *b* das Gestein im Liegenden und *c* die von den Gesteinen darüber herrührende scharfkantige Ablagerung darstellt, und welche bei der Anhäufung in eine Gestalt, wie die des Strandes darunter und der alten Klippe, dahinter rutschte. Jetzt werden die Decken von Detritus, der Strand und die das Ganze tragenden Gesteine durch die heftige Brandung des benachbarten Meeres abgetragen, welche mit der Zeit alle Spuren des Strandes, seine Bedeckung und die alte Klippe verwi-

Digitized by Google

schen und nichts als die nackte Mauer übrig lassen wird, welche jetzt hinter dem Ganzen ist.

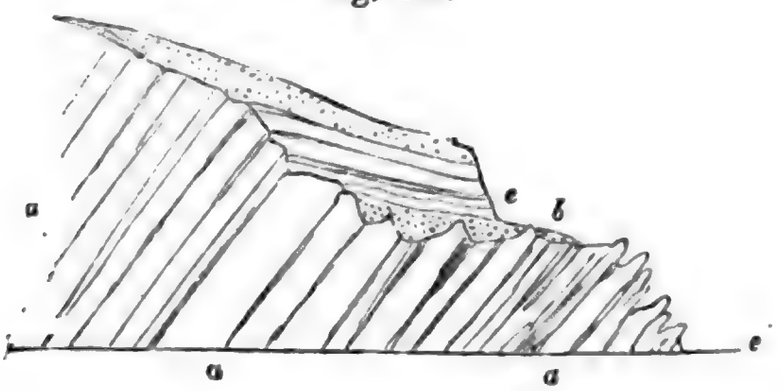
Wenn der erhobene Strand aus Kalk, und zwar entweder aus

Fig. 165.



Kalksteingeröllen von verschiedener Grösse oder aus verkleinerten Meeresmuscheln gebildet ist, so ist er oft so fest als die Gesteine, welche ihn tragen, indem kohlensaurer Kalk aus der Lösung der doppeltkohlensauren Verbindung niedergeschlagen wird und das Ganze cementirt. Für das Festwerden eines erhobenen Strandes, welcher hauptsächlich aus verkleinerten Muscheln gebildet ist, ist der New-Quay, an der Nordostküste von Cornwall, seit Langem bekannt. Das folgende ist ein Durchschnitt (Fig. 166), welchen man am Look-out Hill *aaa*

Fig. 166.

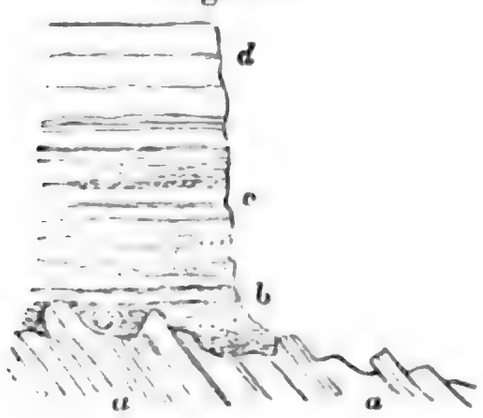


sieht, der aus schiefrigen und sandigen Schichten besteht, die in einem beträchtlichen Winkel geneigt sind, und auf diesen ruht der Strand *b*, welcher aus abgerundeten Geröllen der benachbarten Gesteine zusammengesetzt ist, die durch fest gewordenen Muschelsand cementirt sind. Bei *c* sind Schichten desselben Muschelsandes, der an den Ufern und zusammengewehten Sanddünen der benachbarten Theile von Cornwall nicht selten ist. Die untersten Schichten sind sehr fest und werden bei *b* durch eine Anhäufung der kantigen Gesteinsfragmente bedeckt, die von dem Hügel oberhalb herrühren. Der jetzige Hochwasserstand wird durch die Linie *e e* angezeigt. In diesem Falle scheint eine Modification in der Beschaffenheit dieses Theils der Küste stattgefunden zu

Digitized by Google

haben, welche die Ablagerung der Schichten von zerkleinerten Seemuscheln nach der Zeit gestattete, während welcher ein Ufer aus Gerölle und vor der Anhäufung der Decke von eckigen Fragmenten gebildet wurde; vielleicht eine Zeit, in der Flugsand über sie getrieben wurde, wie heutigen Tags an einigen Theilen der benachbarten Küsten, wo solcher Sand über die Geschiebe von alten Ufern getrieben wird, die jetzt der Thätigkeit des Meeres entzogen sind. Diese Ansicht wird durch einen Durchschnitt (Fig. 167) in Fistral-Bai unterstützt, einen Theil des Vorsprungs, auf welchem der andere Querschnitt (Fig. 166) blossliegt, und wo Schiefer und mehr sandige Schichten *a a*, die einen Theil derselben Masse bilden, die man unter dem Look-out Hill (Fig. 166 *a a a*) sieht, abgerundete Gerölle tragen, die oft sehr gross und mit Grus und Sand gemischt sind, und wo das Ganze eine Art von Strand *b* bildet. Ueber diesem liegen bei *c* abwechselnde Schichten von feinem Kies und Sand, und einige von den Schichten des letzteren sind fester als andere. Bei *d* ist der Sand weniger verhärtet und mischt sich an den Enden der Dünen nach Norden und Süden mit eckigen Gesteinsfragmenten, die von den benachbarten Hügeln herrühren. Hier haben wir den Beweis, dass ein Theil des Meeresbodens in der Nähe der Küste emporstieg, als der Strand beim Look-out Hill erhoben wurde.

Fig. 167.



Noch weiter nach Nordosten findet man an der Küste von Cornwall gute Beispiele von erhobenen Sanddünen, und man erhält dadurch eine Einsicht in die Beschaffenheit einer Meeresküste mit ihren Modificationen von Geschiebeufern an dem Fuss der Klippen, seichte Ufer mit ihrer Verlängerung von Flugsand und Anhäufungen in seichten Küstengewässern der Zeit, die alle erhoben sind und bei dem jetzigen Niveau der Brandung verschieden betroffen werden. In St. Ives-Bai und Perran-Bai sieht man Sanddünen, welche abgelagert wurden, als das Niveau des Atlantischen Meeres längs diesem Lande 30 oder 40 Fuss höher war als jetzt, und das letztere sich seitdem gehoben hat, an Orten, wohin sie durch jetzige Ursachen nicht kommen könnten und ihre alten sie tragenden Gesteine, die früher aus dem Bereich der Brandung waren, werden jetzt durch dieselbe zu Klippen geformt. Dies sieht man besonders in der ersten Bucht, bei Gwythian, wo eine Klippe von festen Gesteinen, die 35 oder 40 Fuss über dem jetzigen Hochwasserstand liegt, durch einen Theil eines alten Strandes mit alten Sanddünen darüber bedeckt ist. Nach dieser Erhebung war die Neigung der Küste eine solche, dass im Südwesten in der Richtung von

Digitized by Google

Hayle und Lelant, die Bedingungen für die Bildung von Sanddünen noch fortdauerten, so dass in dieser Masse von Flugsand drei engl. Meilen weit moderne Ablagerungen zum Theil über die älteren an den Seiten und am Eingange des Thales zwischen Gwythian und Godrevy-Head getrieben wurden, und dort fand sich im Jahre 1838 ein schönes Beispiel eines erhobenen Strandes.

Sandmassen an Küsten, die von Winden betroffen werden, und die offenbar nicht bei dem jetzigen Zustand der Dinge an solchen Küsten gebildet wurden, sind nicht immer als Flugsand angehäuft und dann erhoben worden, wie z. B. in Porth-Dinlleyn, an der Küste von Caernarvonshire, wo eine Sandmasse Thon und Kies aus der sogenannten Eisperiode bedeckt, und bei dem ersten Anblick für erhobene Sanddünen gehalten werden könnte. Sorgfältige Untersuchungen zeigen aber, dass dieser Sand ein erhobener Meeresboden ist, in welchem Lagen von härterer und mehr thoniger Beschaffenheit mit dem lockereren Sand geschichtet sind, und die noch alle Perforationen besitzen, welche von Meeresthieren gemacht wurden, als diese Schichten am Boden des Meeres waren. Die Brandung entfernt jetzt diesen Sand, der durch die Erhebung des Landes unter ihren Einfluss gebracht wurde, und hilft nicht mit dem Winde zur Bildung von Sanddünen. Dieser Sand bildet nur einen Theil des erhobenen Meeresgrundes, der aus Thon, Sand und Kies nebst grösseren Gesteinsblöcken gebildet ist, die über das benachbarte Land zerstreut sind.

Ein erhobener Strand von sehr belehrender Art wurde längst von Mantell beschrieben*), und kommt bei Brighton vor, wo ein solcher mehrere Fuss über dem Meere auf der Kreide, dem Gestein der Küste, ruht, in derselben Weise wie der Strand in Nelly's Cove bei Falmouth (Fig. 165) auf den alten Schiefern und den sie begleitenden Schichten ruht. Der Strand bei Brighton ist von einer alten Kreideklippe begrenzt und über dem Strand enthält undeutlich geschichteter Kreideschutt, Lehm u. s. w. viele Zähne und Knochen des fossilen Elephanten, weshalb ihnen der Name Elephantenschicht gegeben wurde. Zwischen den Geröllen findet man Rollstücke von Kreide und Kalkstein, die voll von Löchern von Bohrmuscheln sind**). In diesem Falle scheint der Strand vor oder während der Existenz des Mammuths in England gebildet worden zu sein.

Was die Versteinerungen dieser Ufer angeht, so sind sie sehr unterrichtend bezüglich des Offenseins der Küsten jener Zeit für eine verschiedene Ausdehnung des Meeres, wo die Fluth- und Meeresströ-

*) *Fossils of the South Downs*, 1822.

**) Ein Durchschnitt und eine genaue Beschreibung des erhobenen Strandes in Brighton, östlich von Kemptown, finden sich in Mantell's *Wonders of Geology*, 6. edit. 1848, p. 113.

Digitized by Google

mungen durch Veränderungen in der Vertheilung von Land und Wasser modificirt waren. Nach mündlichen Angaben von Forbes sind die fossilen Muscheln des erhobenen Strandes an den Ufern des Clyde in manchen Fällen solche Arten, welche zwar noch in den britischen Meeren leben, aber einen mehr südlichen Charakter als die jetzt in ihnen vorhandenen Mollusken haben, und sind auf südlichere und westlichere Districte beschränkt, als der Frith des Clyde. Er schliesst daraus auf eine Veränderung in der Richtung der Strömungen von Süden, besonders in der unter dem Namen Rennell's Strom bekannten Strömung, und diese Veränderung hängt wahrscheinlich mit der Bildung der Küstenlinien jener Zeit zusammen.

Es ist wünschenswerth, dass, wie von C. Austen geschehen ist*), diese alten Strandlinien und erhobenen Meeresboden derselben geologischen Zeit und die submarinen oder versunkenen Wälder mit dem jetzigen Zustande der benachbarten oder sie bedeckenden Meere in Verbindung gebracht werden. Austen zeigt nach sorgfältiger Untersuchung des Gegenstandes, dass zwar die Vertheilung des von den jetzigen Küsten von Frankreich und England herrührenden Detritus in dem englischen Canal und von England und Irland auf dem Meeresboden südlich von dem letzteren nebst dem von den Flüssen nach diesen Küsten gebrachten Sediment in Uebereinstimmung mit der Anordnung ist, wie sie die Thätigkeit der Brandungen und des Windes und der Fluthströmungen hervorbringen würde; indessen giebt es doch, besonders in den centralen Theilen des englischen Canals und ausserhalb der Tiefen von 100 und 200 Faden nach dem Atlantischen Meere hin, nackte Felsen, Geschiebe und steinigen Boden und die Schaalen von Littoralmollusken kommen so vor, dass sie auf eine Senkung der früheren Küsten und des sie begrenzenden seichten Wassers hinweisen. In Bezug auf die submarinen oder versunkenen Wälder macht Austen auf die Nothwendigkeit aufmerksam, ihre Ausdehnung unter dem Meere nach aussen nicht auf die Ufer zu beschränken, wo sie jetzt entdeckt werden, sondern sie allgemeiner als Theile des versunkenen festen Landes zu betrachten, was besser mit dem groben Detritus in Tiefen oder an Orten übereinstimmt, wohin die jetzige Thätigkeit des Windes und die Wirkung der Fluthströmungen sie nicht führen würden, und ebenso mit den Resten von Littoralmollusken, *Patella vulgata*, *Littorina littorea* u. s. w., die sich an ähnlichen Orten finden. Die angeführten Thatsachen zeigen einen sehr ungleichen Grund auswärts, besonders nach dem Atlantischen Meere zu; nach einwärts ist derselbe mit den verschiedenen Detritusablagerungen überstreut, die theils das Resultat jetziger Zustände sind, theils das gemischte Resultat von die-

*) *On the Valley of the English Channel in Journal of the Geological Society of London*, Vol. 17, p. 69.

Digitized by Google

sen und früheren Verhältnissen, als der jetzige Meeresboden mehr erhoben war und selbst festes Land bildete, welches England mit dem Continente verband. Ohne eine gehörige Karte*), welche die Beschaffenheit des Meeresbodens in der Nähe der Britischen Inseln zeigt, ist es schwer, eine richtige Idee von den daraus abgeleiteten Schlüssen zu geben; aber zur Veranschaulichung eines Theils dieses Grundes bemerkt Austen, dass innerhalb einer Entfernung von dem Gipfel der Little Sole-Bank, von der sich einige Theile in 50 — 60 Faden im Süden von Irland und an der Mündung des englischen Canals erheben, die nicht so gross ist, als die Spitze des Snowdon von dem Meer, bei 529 Faden Grund gefunden wurde; mit anderen Worten, die Sole-Bank erhebt sich von diesem Niveau fast so hoch, und rascher, als die Masse des Snowdon von dem Meeresniveau der Caernarvon-Küste an der Menai-Strasse**).

Bei den Complicationen, welche sich an Küsten, wo eine allmälige Erhebung des Landes über das mittlere Fluthniveau des Oceans stattgefunden hat, durch die früher erwähnten Unterschiede in der Ebbe und Fluth, durch das verschiedene Ausgesetztsein gegen die Wirkung der Brandung, je nachdem die Küsten zu einer Zeit mehr geschützt, zu einer anderen mehr offen sind, durch den Grad der Verhüllung der Meeresthätigkeit auf der Oberfläche des Landes durch atmosphärische Einflüsse, verbunden mit fliessendem Wasser, und ferner durch die ungleiche Erhebung des Landes selbst finden können, ist der Beobachter zu grosser Vorsicht bei der Verfolgung einer Küstenlinie zu irgend einer bestimmten Zeit genöthigt. Dies wird besonders der Fall sein, wenn, wie es oft sehr wahrscheinlich ist, Oscillationen während einer Zeit stattgefunden haben, in der die Mollusken benachbarter Meere dieselben blieben, wie man sie jetzt findet.

In Skandinavien, wo eine langsame Erhebung des Landes jetzt mehr nach Norden als nach Süden stattfindet, und wo Oberflächenveränderungen von geringer geologischer Bedeutung so leicht das die Ostsee von dem Atlantischen Meere trennende Land in Meer, also ein Meer ohne Ebbe und Fluth in einen Theil des Oceans verwandeln könnten, und wo dann eine Fluthwelle den Bothnischen Meerbusen hinaufströmen und ihre Wirkungen in derselben Weise hervor-

---

*) Austen hat in der erwähnten Abhandlung eine solche mitgetheilt.

**) „Der grössere Theil des von dem Canal eingenommenen Areals", sagt Austen, „würde beim Blosslegen ausgedehnte Sandebenen darstellen, welche von grossen Zonen von Kies und Sand umgeben sind, und würde eine ähnliche Mischung und Anordnung des Materials darbieten, wie wir sie jetzt in den von den Bagshotablagerungen eingenommenen Districten wahrnehmen; während längs der Oeffnung des Canals eine deutliche Configuration von Thal und Hügel stattfindet und eine so bedeutende Ungleichheit, wie sie der gebirgigste Theil von Wales darbietet."

Digitized by Google

bringen würde, wie heutigen Tages in der Fundy-Bai, sieht man Spuren von erhobenen Küsten, die um so interessanter sind, als sie frühere Bewegungen dieser Art mit den jetzt stattfindenden verknüpfen. Man findet eine sehr werthvolle Uebersicht darüber von Elie de Beaumont in seinen Bemerkungen über die Untersuchungen von Bravais in Skandinavien*). Schalen von jetzt als Littoralarten an den Küsten von Norwegen lebenden Mollusken findet man 518 Fuss über dem Meere in der Provinz Drontheim, 482 Fuss in Skiöldal und Hellesaön, 360 Fuss um den See Odemark und 206 Fuss in Uddevalla. Auch wird das frühere relative Niveau von Meer und Land an den Norwegischen Küsten durch Erosionslinien bezeichnet. In Finmarken wurden Spuren einer alten Meeresküste von Alten-Bai bis Hammerfest verfolgt. Diese bestanden aus Ufern und abgenutzten Gesteinsklippen, welche eine so geneigte Ebene bildeten, dass dieselbe in Altenfiord 221 Fuss, bei Hammerfest nur 94 Fuss über dem Meere war. Unter dieser ersten Linie war eine zweite, 88 Fuss über dem Meere am ersteren Orte, 46 Fuss an dem letzteren, und diese beiden Linien fielen von Süden nach Norden, während jetzt in dem nördlichen Skandinavien die umgekehrte Bewegung stattfindet. Bravais glaubt, dass es eine dritte alte Küstenlinie zwischen diesen mehr hervorstechenden Linien giebt, welche nicht genau mit einander parallel laufen, obgleich dies so auf kurze Entfernungen erscheint, ein Umstand, aus welchem man die Nothwendigkeit genauer Messungen bei Untersuchungen dieser Art entnehmen kann.

Bezüglich der Gesteinserosionen in Verbindung mit erhobenen Ufern an einem offenen Ocean, und wo Veränderungen durch eine verschiedene Ebbe und Fluth während der Erhebung des Landes stattgefunden haben, soll hier eine der frühesten Beobachtungen der Art durch Capitän Vetch an der Insel Jura, eine von den Hebriden, erwähnt werden. Er fand dort sechs oder sieben erhobene Strandlinien, die höchste ungefähr 40 Fuss über dem jetzigen Hochwasserstande. Dieselben bestehen aus Geschieben von Quarzfels, aus dem die Insel besteht, ungefähr von der Grösse von Cocosnüssen, und sie sind durchaus denen ähnlich, welche die jetzigen Ufer an der Seite von Jura nach Loch Tarbert bilden, wo man diese erhobenen Strandlinien deutlich erkennt. Ihre Breite wechselt nach der Art des Bodens; wo derselbe abschüssig ist, beträgt sie etwa 300 Fuss; bei sanfter Neigung, wie an der Nordseite des Loch, dreiviertel engl. Meilen vom Ufer**). Der Strand ruht zum Theil auf nacktem Gestein, und zum Theil auf einem Mischgestein von Thon, Sand und eckigen Stücken von Quarzfels. Vetch beobachtete, dass sich Höhlen in demselben Niveau an der

*) *Comptes rendus.* Vol. XV., p. 817 (1842).
**) *Geological Transactions* (2), Vol. I.

Digitized by Google

Nordseite von Loch Tarbert finden, in einer bedeutenden Höhe über dem Meere, und da er niemals Höhlen im Quarzfels von Isla, Jura oder Fair-Island gefunden hat, ausgenommen am Ufer, so ist er der Meinung, dass dieselben zu einer Zeit gebildet wurden, als das relative Niveau von Meer und Land den Horizont dieser Höhlen durchschnitt.

Temperatur der Erde.

Die Temperatur der Erde verdient bei der Untersuchung der Ursachen geologischer Wirkungen die grösste Beachtung. Wir haben schon früher erwähnt, dass eine sphäroidale Linie durch die kälteren Theile der Erde geht, welche die Pole abschneidet und in den Aequatorialgegenden eine Höhe von zwischen 16,000 und 17,000 Fuss zwischen sich und der Oberfläche der Erde lässt, ausserhalb welcher mit gewissen Modificationen das Wasser in einem festen Zustande bleibt. Unabhängig von der wohlbekannten Thätigkeit der Sonne auf die Oberfläche der Erde haben wir unsere Aufmerksamkeit auf eine andere davon unabhängige Temperatur zu richten, die in einer gewissen Entfernung unter dieser Oberfläche beginnt. Die täglichen Veränderungen der Temperatur erstrecken sich im Allgemeinen zu keiner grösseren Tiefe als ungefähr 3 — 5 Fuss, und die jährlichen Veränderungen hören in einer Tiefe von 65 bis 70 oder 80 Fuss auf. Unterhalb dieser Tiefe nimmt die Temperatur in Bergwerken und in den sogenannten artesischen Brunnen zu. Die Geschwindigkeit dieser Zunahme wechselt nach gewissen localen Umständen, wie nach der Form und Erhebung der Massen an der untersuchten Stelle in die Atmosphäre, wenn es ein Berg ist, nach der Nähe einer eigenthümlichen Wärmequelle wie eine thätige vulkanische Region und nach der verschiedenen Circulation von Wasser in ihren Theilen, entweder in Spalten oder durch Gesteinsschichten von wechselnder Porosität.

Wir haben gesehen, dass in den kälteren Gegenden der nördlichen Hemisphäre gefrorener Boden sich bis zu sehr verschiedenen Tiefen erstrecken kann. Während in Sibirien noch Eis in einer Tiefe von 300 — 400 Fuss gefunden wird, geht die gefrorene Erde in derselben Breite in Nordamerika nicht unter 26 Fuss herab, so dass sehr verschiedene Verhältnisse für die Temperatur der beiden Regionen existiren müssen. Während dies indessen der Fall sein kann, so findet man, dass die in Sibirien durchsunkenen Gesteinsablagerungen eine Zunahme der Temperatur nach abwärts in der Weise zeigen, dass dieselbe 75 Fuss unter der Oberfläche — 6° C., bei 378 Fuss — 0°,5 C. betrug. Die Wassercirculation in Bergwerken muss ebenfalls wichtige Modificationen in Bezug auf das genaue Maass der Wärmezunahme nach unten hervorrufen, obgleich die Thatsache selbst

Digitized by Google

im Allgemeinen keinem Zweifel unterliegt, da durch die Abteufung des Bergwerks und durch die Nothwendigkeit der Freihaltung desselben von Wasser während des Fortschritts der Arbeit, Wasser, welches mehr oder weniger seine ursprüngliche Temperatur mitbringt, von der Oberfläche nach der Tiefe sinkt, aus der es wieder herausgebracht wird. In Districten, die von zahlreichen Spalten durchsetzt sind, wie es in Bergwerksgegenden gewöhnlich ist, kann dieses lange fortgesetzte Einströmen von atmosphärischem Wasser einen sehr modificirenden Einfluss üben. Doch kann bei gehöriger Sorgfalt Manches in Bergwerken geschehen, indem man Gestein der festeren Art und an solchen Orten auswählt, wo die durch die Bergleute, ihre Lichter und ihre Arbeit besonders durch Bohr- und Sprengarbeiten hervorgebrachte Temperatur nicht den geringsten Irrthum in den nöthigen Versuchen erwarten lassen.

Artesische Brunnen sind sehr werthvoll zur Bestimmung der Temperatur der Erde in verschiedenen Tiefen an verschiedenen Orten, indem die Bohrlöcher und die in ihnen aufsteigenden Wasser eine Zunahme der Temperatur mit der Tiefe zeigen. Obgleich zahlreiche Versuche über die in diesen Brunnen in verschiedenen Tiefen gefundene Wärme gemacht worden sind, so haben keine mehr Aufmerksamkeit erweckt als die von Grenelle bei Paris wegen der Sorgfalt, mit der sie angestellt wurden, der Art der durchsunkenen Schichten und der Tiefe des Bohrloches selbst. Die durchsunkenen Gesteine bestanden aus Schichten verschiedener Art, unter denen eine mächtige Kreideschicht die wichtigste ist und sie liegen weit entfernt von einem vulkanischen Herde oder irgend einer anderen störenden Ursache dieser Art. Nach einer Zunahme der Temperatur nach unten bei dem Fortschreiten der Arbeit fanden Arago und Walferdin, dass als das Bohrloch den unter dem Namen Gault bekannten Kreidemergel in einer Tiefe von 1657 Fuss erreicht hatte, die Temperatur 26°,38 C. und 28°,5 C. weiter nach unten bei 1798 Fuss betrug*). Bezüglich der in artesischen Brunnen erhaltenen Temperatur ist es wünschenswerth, dass der Beobachter sorgfältig die Art des Vorkommens der Gesteine des Districts, in welchem sie liegen, beachtet, so dass das Aufsteigen von warmen Quellen unter den durchsunkenen Gesteinsablagerungen nicht die gefundene Wärme complicirt. Wenn z. B. in einem Lande, das einen Durchschnitt ähnlich dem folgenden (Fig. 168) darbietet, eine Reihe von fast horizontalen Ablagerungen *b c*, auf früher gestörten Schichtenmassen *d* ruht, welche von Verwerfungsspalten *e* und *f* durchsetzt sind, die vor der Ablagerung der oberen

*) Es ist berechnet, dass wenn man die constante Temperatur (11°,22 C.) der Keller in dem Observatorium von Paris bis 91⅝ Fuss unter der Oberfläche nimmt, diese Temperatur eine Wärmezunahme von 1° C. auf 32,3 Meter, oder von nahe 106 engl. Fuss giebt.

Digitized by Google

Schichten *b* und *c* gebildet waren, und wenn warmes Wasser durch diese Verwerfungsspalten aufsteigt, wie oft geschieht und wie früher

Fig. 168.

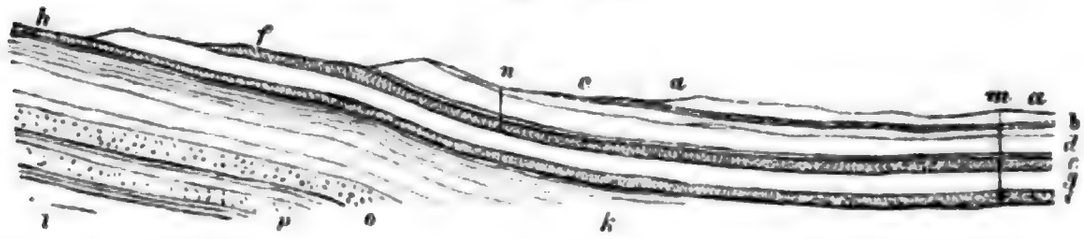
S. 21 bemerkt wurde, indem der gewöhnliche Zufluss des Regenwassers bei *g* eintritt und nach einer wiederum porösen Schicht *c* hinfliesst, so könnte die Erdtemperatur an irgend einem bei *h* gelegenen artesischen Bohrloch bis zu einem gewissen Grade erhalten werden, während ein anderes Bohrloch bei *i* durch seine Lage in der unmittelbaren Nähe eines Zuflusses von warmem Wasser durch die Spalte *e*, eine höhere Temperatur geben wird, und zwar höher in dem Verhältniss zu dem Volumen und der Geschwindigkeit, mit welcher der früher unterdrückte Ausfluss jetzt einen Ausweg findet. Diese Vorsicht ist keineswegs überflüssig, da es in manchen Districten, wie z. B. in der Nachbarschaft von Bath, Beweise für die Gegenwart von Verwerfungsspalten giebt, von welchen einige von beträchtlicher Grösse sind und welche vor der Ablagerung des Trias (*new red*) und der Juraformation an jenem Orte gebildet wurden, wobei die Oberfläche der zerrissenen und gebogenen Gesteine durch die fast horizontalen Schichten dieser Ablagerungen bedeckt wurden, und da die Thermen von Bath (46°,66 C.) sich durch eine von diesen alten Spalten zu erheben scheinen, so findet sich ein bequemer Ausweg für sie durch die aufgelagerten Schichten, wie bei *l* (Fig. 168). Der Beobachter muss in solchen verdächtigen Districten nach der Temperatur von Wasser suchen, welches reichlich durch Verwerfungen aufsteigt, wie bei *k*, und es verdient bemerkt zu werden, dass sich in dem erwähnten Districte, in der Nähe von Bristol, eine Therme, die Hotwells, von 23°,33 C. in den älteren zerrissenen und verworfenen Gesteinen findet.

Was die in verschiedenen Tiefen in artesischen Brunnen gefundenen Temperaturen und die zuweilen darin vorkommenden Verschiedenheiten betrifft, so muss man bedenken, dass die verschiedenen Felsschichten, aus denen Wasser erhalten wird, wenn auch nicht in hinreichender Menge für den gesuchten Bedarf, durch ihre verschiedene Porosität das Wasser bloss auf eine solche Weise durch sich durchlassen, dass eine gegebene Quantität durch jede Schicht in einer gegebenen Zeit fliesst, und auf diese Weise auf die Circulation der Wärme Einfluss hat, welche dasselbe aus einem Theil einer Reihe von Gesteinsschichten in eine andere führt. Wenn der folgende Durchschnitt (Fig. 169 s. f. S.) gewisse, bei dem Bohren eines artesischen Brunnens durchsunkene Felsschichten darstellt, wo *a a* Thon, z. B. London Thon

Digitized by Google

ist, *b* eine poröse Schicht von Sand und Kies, welche das Oberflächenwasser bei *c* sammelt; *d* Kreide; *e* Sand, welcher das Oberflächenwasser

Fig. 169.



von *f* aufnimmt, *g* Thon oder Mergel, und *l* abermals Sand oder Kies, der das Oberflächenwasser bei *h* sammelt, so haben wir sehr verschiedene Porositäten der Schichten, welche das Wasser durch sich hindurchlassen. Durchbohrt man diese Schichten, wie bei *m* geschehen ist, so wird ihre relative Durchdringlichkeit für Wasser die Temperatur in einem solchen artesischen Brunnen influenciren, indem eine sehr poröse Schicht *b* ihr Oberflächenwasser leichter nach dem Bohrloch führt, als die Kreide *d* darunter, was wahrscheinlich auch mit dem Sand weiter unten bei *e* der Fall sein wird. In allen Fällen dieser Art ist die Friction des Wassers und die Capillarattraction in dem Gestein zu berücksichtigen, welche die Circulation des Wassers bloss unter den nöthigen Bedingungen erlauben, so dass es in jedem Falle nur mit einer gewissen Geschwindigkeit in den artesischen Brunnen fliesst. In dem Durchschnitt Fig. 169 ist ein Bohrloch von geringerer Tiefe bei *n* bis zu dem Sand *ef* gesunken, und auf der Beugung der Schichten, wo in Folge davon die erhitzten Wasser leichter aufsteigen und von schwererem und kälterem Wasser ersetzt werden können, immer vorausgesetzt, dass das Ganze eine Temperatur über 4°,4 hat. In diesem Falle lässt sich schliessen, dass durch die grössere Leichtigkeit der Durchdringung von der Oberfläche *f* bis nach der des Bohrloches *n* auf der einen Seite das Wasser eine niedrigere Temperatur in dem Gestein hervorbringt, durch welches es floss, als in derselben Gesteinsschicht bei *m*. Bei *o* und *p* ist ein Theil der Krümmungen von zwei porösen Schichten dargestellt, die mit weniger durchdringlichen *k l* abwechseln und so gleichsam flache Röhren bilden, um zu zeigen, dass, wenn die Krümmung nach unten links fortgesetzt würde, das in ihnen vorhandene, von unten erhitzte und nicht leicht nach oben entrinnende Sickerwasser eine etwas höhere Temperatur besitzen könnte, als in derselben Tiefe von der Oberfläche der benachbarten Schicht (beide der Deutlichkeit wegen als gleich porös vorausgesetzt), indem sie nicht mit derselben Leichtigkeit durch die Circulation nach Temperatur und Dichtigkeit kälteres Wasser von oben erhalten können.

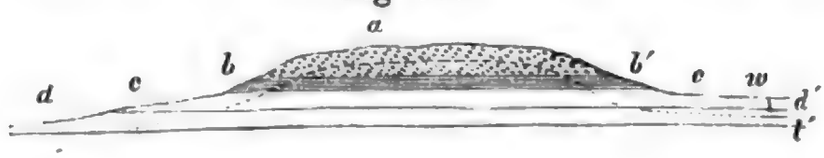
Zu welchem Grade auch das die Gesteine durchdringende Wasser ihre Temperatur modificiren mag, so übt die grösste Dichtigkeit desselben ihren Einfluss. In allen Ländern, wo die jährliche Tem-

Digitized by Google

peratur die der grössten Dichtigkeit übertrifft, steigen die wärmeren Wasser hinauf und die kälteren hinab, welche Wirkung auch auf die Oberfläche und die entsprechenden Tiefen unter 60 oder 80 Fuss ausgeübt werden mag. In jenen dagegen, wo die Temperatur eine solche ist, dass das Wasser einen entgegengesetzten Lauf nimmt, anstatt dass kalte Wasser zur Modification einer Wärme hinabsteigen, welche das Gestein sonst besitzen könnte, steigen sie auf. Z. B. in dem sibirischen Schachte (S. 254), der unter die Tiefe von 378 Fuss hinabstieg, bei welcher eine Temperatur von 0°,44 erhalten wurde, und wenn man dieselbe Geschwindigkeit der Zunahme annimmt, wie man von der Tiefe von 75 Fuss an fand, nämlich ungefähr 0°,55 C. auf je 30 Fuss *), so würde erst in einer Tiefe von 630 Fuss Wasser von 4°,16 C. gefunden werden.

Es ist angenommen worden, dass gewöhnliche Quellen in den wärmeren Gegenden der Erde eine höhere Temperatur haben, als die mittlere in derselben Localität, während die in den kälteren Theilen der Erde eine geringere Wärme besitzen. Da dieses einen modificirenden Einfluss im Zusammenhang mit der allgemeinen Vertheilung der Temperatur in den Gesteinen, aus denen diese Quellen fliessen, voraussetzt, so wird eine sehr sorgfältige Untersuchung der wirklichen Wärme solcher Quellen von Wichtigkeit. Bei Quellen, welche aus Spalten entstehen, wie die oben erwähnten (S. 408), erhält man oft ohne die gehörige Sorgfalt eine niedrigere Temperatur, als ihnen zukommt, selbst vorausgesetzt, dass das Wasser, wenn es aus verschiedenen Tiefen nach oben fliesst, einen grossen Theil seiner ursprünglichen Temperatur verliert, und die von den Gesteinen annimmt, in welchen es aufsteigt. Auch muss die Wärme gewöhnlicher Quellen sorgfältig mit Rücksicht auf die Art und Weise des Vorkommens der festen Gesteine oder weniger zusammenhängenden Ablagerungen betrachtet werden, aus denen sie aufsteigen. Wenn wir annehmen, dass *a* in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 170, ein poröser Sandstein ist,

Fig. 170.



der auf einer Thonschicht *b b'* ruht, so werden die von dem ersteren absorbirten Regenwasser durch die letzteren vom Tieferdringen abgehalten, so dass das nicht im Sandstein zurückgehaltene Wasser unter der Form von Quellen an der Seite des Hügels und auf dem unterliegenden Thon hervordringt. Wenn ein anderer Sandstein oder irgend

*) Diese Temperaturzunahme stimmt sehr nahe mit der bei Grenelle erhaltenen, nämlich 1° C. auf 53 Fuss.

Digitized by Google

ein anderes Gestein, durch welches das Wasser leicht durchsickert, $c\,c'$, unter dem Thon vorkommt, und diese poröse Schicht ebenfalls auf einer undurchdringlichen, $d\,d'$, ruht, so könnten die atmosphärischen Wasser, sowie alle von den Quellen darüber herrührende und von dem unteren porösen Gestein absorbirte Wasser allein einen natürlichen Ausfluss unter der Form von Quellen an der Seite des Hügels $d\,t$ finden, während sie in der entgegengesetzten Richtung $d'\,t'$ den Theil der Schicht sättigen und durch ihren Ueberfluss seitlich zu den Quellen $c\,d$ beitragen würden, wenn wir die nöthige Leichtigkeit des Durchgangs voraussetzen. Die punktirte Linie $t'\,t'$, welche eine Tiefe darstellt, unter welcher während des ganzen Jahres eine gleichförmige Temperatur herrscht und Wasser langsam auf die Oberfläche durchsickert, würde unter sonst gleichen Umständen zwischen a und b und c und d auf der einen Seite und a und b' auf der anderen leicht Veranlassung zur Entstehung von Quellen von fast gleicher Temperatur geben. Bei w dürfen wir ebenfalls, wenn ein Bohrloch gemacht wird und die Temperatur des Wassers innerhalb der Tiefe der veränderlichen Temperatur ist, Verhältnisse von derselben Art erwarten, indem der Zufluss seitlich von demselben Behälter herrührt, der die Quellen zwischen c und d versorgte und die undurchdringliche Schicht d (undurchdringlich, in so weit es den leichten Durchgang des Wassers durch dieselbe betrifft) eine merkliche Communication und eine Circulation von Wasser von einer höheren Temperatur darunter verhinderte. Wenn Gewässer ihren Weg als Quellen durch Fugen oder Spalten von den Behältern in beiden porösen Schichten a und c, c' unter die Linie veränderlicher Temperatur an einigen Orten schneller als an anderen finden, oder die Schichten selbst sich wesentlich in der Leichtigkeit unterscheiden, mit welcher Wasser durch sie hindurchgeht, so lassen sich je nach den Umständen mehr oder weniger wichtige Verschiedenheiten in der Temperatur der aus ihnen entspringenden Quellen erwarten. Unter sonst gleichen Umständen wird der untere Behälter, vorausgesetzt, dass die Temperatur von der Oberfläche nach unten zunimmt, Wasser mit der erhöhteren Temperatur liefern. Es wird deshalb nöthig, dass nach Feststellung der übrigen Verhältnisse, die durch eine Quelle in einer gegebenen Zeit gelieferte Wassermenge und die Schnelligkeit, mit welcher sie fliesst, in Betracht gezogen wird.

Was die Temperaturen der Gewässer angeht, welche besonders in Kalksteindistricten oft in beträchtlicher Masse und mit bedeutender Kraft aus unterirdischen Canälen hervorstürzen und welche von dem Versinken vieler kleinerer Ströme und Regenwassers in Spalten und cavernösen Gesteinen herrühren, so können diese oft sehr täuschend sein. Wenn das Wasser theilweise in der Form von Bächen absorbirt wurde, die früher der Temperatur des Klimas der Gegend ausgesetzt waren, und theilweise von der langsamen Durchsickerung durch Klüfte,

Digitized by Google

Spalten und die cavernöse Structur des Gesteins herrührt, so wird eine gemischte Wärme die Folge sein, welche keine richtigen Thatsachen in Bezug auf die Temperatur der unterirdischen Canäle darbietet, durch welche das Wasser gegangen ist. Auch wenn es ganz von der Absorption atmosphärischen Wassers durch Canäle verschiedener Art herrührt, so sind die Geschwindigkeit des Durchgangs des Wassers nach unten in den grossen Abzugsstrom und die Unterschiede in dieser Beziehung zu beachten, und ebenso der in einigen Districten nicht seltene Fall, dass Wasser, die aus grossen Spalten herrühren und aus beträchtlichen Tiefen kommen, sich nicht mit der Masse des entleerten Wassers mischen. Es ist darum grosse Sorgfalt bei der Untersuchung der Temperatur des so entleerten Wassers nöthig, so wünschenswerth es sein mag, dass sie richtig bestimmt werde.

Während der Beobachter auf der einen Seite die Ausgleichung des in Spalten und Klüften oder der Masse der Gesteine fliessenden Wassers nach seinem grössten specifischen Gewichte und der verschiedenen mechanischen Weise, in welcher dieselbe stattfinden kann, in Betracht zu ziehen hat, so muss er auch die Tiefe nicht ausser Acht lassen, in welcher das Wasser überhaupt zu existiren aufhören mag; vorausgesetzt, dass die Zunahme der Temperatur von der Oberfläche nach abwärts sicher ist, wie wir anzunehmen alle Ursache haben, was auch der Grad dieser Zunahme an einzelnen Orten oder im Allgemeinen sein mag. Ist die gewöhnliche Annahme einer Zunahme von 0^0,56 C. auf je 50 bis 60 Fuss zu gross, und nehmen wir an, dass dieselbe bloss auf je 100 Fuss stattfindet, so haben wir immer noch eine verhältnissmässig geringe Tiefe für den Theil der Erdkruste, in welcher das Wasser unter den günstigsten Verhältnissen circulirt, bei der gehörigen Berücksichtigung des Druckes von dem aufliegenden Wasser und der Reibung an den Seiten von Spalten. Legt man die gewöhnliche Berechnungsweise zu Grunde und berücksichtigt den Druck bei zunehmender Tiefe und gewährt zugleich jede Leichtigkeit der Bewegung des Wassers in einer Spalte, so lässt sich annehmen, dass man in einer verhältnissmässig geringen Tiefe Dampf statt Wasser findet.

Wasser in Spalten, welches rasch und in beträchtlichem Volumen ausfliesst, kann, wie früher bemerkt, eine grössere Temperatur erlangen, als das, welches seinen Weg nach oben mit geringerer Geschwindigkeit und in kleinerer Menge findet, indem das eine die mit ihm seitwärts communicirenden Wasser in ihrem Laufe nach oben über die Temperatur erhitzt, die den es enthaltenden Gesteinen und den gewöhnlich durch sie durchsickernden Wassern zukommt; die anderen werden durch diese seitlichen Wasser abgekühlt. In manchen Ländern, wie die, wo früher vulkanische Communicationen stattgefunden haben und die jetzt in einem erloschenen Zustande durch verschiedene darüber verbreitete wässerige Ablagerungen verborgen sein können, kann

Digitized by Google

es Einflüsse dieser Art geben, die bedeutend die bestimmten Tiefen modificiren, in denen gewisse Temperaturen sonst gefunden werden. Allerdings würden diese, wenn eine allgemeine Wärmequelle in der Erde existirt, welche die äussere Temperatur ihrer Kruste in grossem Maasse beherrscht, bloss locale Variationen in irgend einer gegebenen Temperatur sein, die von der grösseren Thätigkeit der sie hervorbringenden Ursachen abhängen; indessen müssen doch bei der Untersuchung über die Vertheilung der Wärme in dem Stücke der Erdkruste, zu dem der Beobachter künstlich Zutritt erhalten kann, oder wenn er dieselbe aus den Thatsachen berechnen will, alle solche Verschiedenheiten beachtet werden, so dass die störenden Umstände von den wesentlichen Ursachen der Zunahme der Wärme von der Oberfläche der Erde nach abwärts gehörig gesondert werden.

Art der Ablagerung sedimentärer und Versteinerungen führender Gesteine.

Wenn der Beobachter genau die Art und Weise betrachtet hat, auf welche die Ablagerungen von Mineralstoffen gegenwärtig chemisch und mechanisch durch die Wirkung des Wassers vor sich gehen und ebenso die Art und Weise, auf welche die Reste thierischen und pflanzlichen Lebens innerhalb solcher Ablagerungen begraben werden können, so muss er nun auch die verschiedenen Lagen, Schichten, oder anderen vermittelst des Wassers gebildeten Formen von Mineralmassen studiren, in denen in verschiedenen Theilen der Welt mehr oder weniger organische Reste vertheilt sind. In einer Beziehung ist er im Vortheil über seine früheren Untersuchungen, da er bei ihnen oft nur auf das schliessen konnte, was unter Meeren und Seen vor sich geht, in diesen Gesteinen dagegen ihm häufig Gelegenheit geboten ist, directe Anschauung von dem zu erhalten, was wirklich unter dem Wasser stattgefunden hat, indem der grösste Theil dieser Schichten der Boden von verschiedenen Meeren oder von Süsswassermassen ist, in welchen sie nach einander abgelagert wurden und Verschiedenheiten durch locale Ursachen unterlagen.

Da das feste Land der Erde also nichts weiter ist, als der Boden von Meeren und Seen, gemischt mit feuergebildeten Massen, die in verschiedenen Zeiten aus der Tiefe der Erde nach oben gebracht wurden, wobei sie sich manchmal über diese Oberfläche ausbreiteten, manchmal aber erst durch die Entfernung von aufliegenden Ablagerungen blossgelegt wurden, so muss der Beobachter im Geiste das jetzige Festland und das Wasser der Erde vergessen und dafür andere Vertheilungen substituiren, wie sie am besten mit den von ihm erhaltenen Thatsachen übereinstimmen. Wie hoch auch jetzt dieser alte

Digitized by Google

Boden des Oceans, einzelner Meere und von Süsswassermassen zu Bergen oder minder hohen Ebenen erhoben ist, so ist so viel gewiss, dass sie nicht festes Land waren, als sie gebildet wurden, und dass folglich Wasser einst die Flächenräume einnahm, wo sie jetzt vorhanden sind. Wir haben gesehen, dass zur Hervorbringung von sedimentären Ablagerungen gewisse Verhältnisse des Festlandes nöthig sind, von dem ihre Bestandtheile herrühren, und deshalb ist zur Bildung des alten Meeresbodens in irgend einer gegebenen Zeit festes Land aus einem so gelegenen Flächenraume nöthig, welches doch so nahe ist, dass es die gefundenen Materialien liefern konnte. Betrachtungen dieser Art erfordern eine allgemeine Betrachtungsweise der physikalischen Geographie verschiedener geologischer Zeiten und eine solche Vernachlässigung der jetzigen Vertheilung von Land und Wasser, dass während der Verwendung einer gegebenen Menge von Mineralstoffen über gewisse grosse Areale zur Bildung von sedimentären Ablagerungen von verschiedenen Zeiten jede nöthige Bedeutung beigelegt wird, indem die Zerstörung eines über den Ocean erhobenen Antheils Materialien für eine gleiche und spätere Ablagerung auf dem Meeresgrunde in einem benachbarten Orte darbot, und folglich, Oscillationen in dem relativen Niveau des vorhandenen Flächenraumes unserer jetzigen Continente dieses Material ziemlich in einem grossen Raume hielten, doch der Geist des Beobachters nicht zu sehr von der jetzigen Vertheilung von Land und Wasser auf der Oberfläche der Erde eingenommen sein darf.

Während man in sedimentären oder Versteinerungen führenden Ablagerungen nach Beweisen für die Art und Weise sucht, auf welche die Mineralmassen der Gesteine chemisch oder mechanisch abgelagert wurden, in ihnen frühere Ufer, Aestuarien, Buchten, Vorgebirge, seichte und tiefe Meere, Süsswasserseen und die anderen Modificationen von Wasser um und in dem festen Lande verfolgt, so hat man zu gleicher Zeit sorgfältig die Art des Vorkommens von in diesen Ablagerungen sich findenden Resten in Betracht zu ziehen. Man muss untersuchen, ob Beweise vorhanden sind, dass die Thiere oder Pflanzen in oder auf den Schichten lebten und starben, wo ihre Reste jetzt gefunden werden, oder ob sie nach ihrem Tode an diese Orte getrieben wurden. Man muss eben so sorgfältig Rücksicht nehmen auf die Vertheilung der Thiere und Pflanzen, die in einer gegebenen geologischen Zeit lebten, je nach den Lebensbedingungen, und muss diese Vertheilung sowohl im grossen Maassstabe als mit Rücksicht auf irgend einen kleineren Flächenraum betrachten.

Mit Rücksicht auf die Classe von Gesteinen, die gewöhnlich Versteinerungen führende genannt werden, muss dieser Ausdruck in einem ausgedehnten Sinne genommen werden. Es ist keineswegs nöthig, dass alle die verschiedenen Schichten, die eine gegebene Reihe von Meeres-

Digitized by Google

grund darstellen, organische Reste an gewissen Orten enthalten. Häufig kann, wie in der folgenden Skizze, Fig. 171, welche eine Reihe von

Fig. 171.

Gesteinsschichten *a*, *b*, *c*, *d* und *e* darstellt, die an einer Klippe entblösst sind, bloss eine von ihnen, wie *d*, thierische oder pflanzliche Reste enthalten, die übrigen aber nicht. Diese Schichten sind indessen darum nicht weniger interessant, da bei sorgfältiger Untersuchung sich eine Ursache für diesen Unterschied herausstellen kann, die in Bezug auf die Verhältnisse oder die Modificationen, unter welchen die ganze Reihe gebildet worden sein mag, von Wichtigkeit ist. Bestänen die Schichten aus verschiedenen Substanzen, wäre z. B. *a*, *b* und *e* aus später zu Sandsteinen erhärtetem Sande verschiedener Art gebildet, *c* aus Grus, der jetzt zu einem Conglomerat erhärtet ist, und *d* aus Schlamm, der jetzt einen Schiefer bildet, so muss die Art der Ablagerung der versteinerungslosen Schichten sowohl im kleinen als im grossen Maassstabe studirt werden, und dieses Studium wird vielleicht zeigen, wie es der Schlamm war, welcher die Reste der lebendigen Wesen enthielt, die an oder in diesem Meeresboden jener Zeit existirten, während keine solcher Reste in dem Sand und Grus gefunden werden.

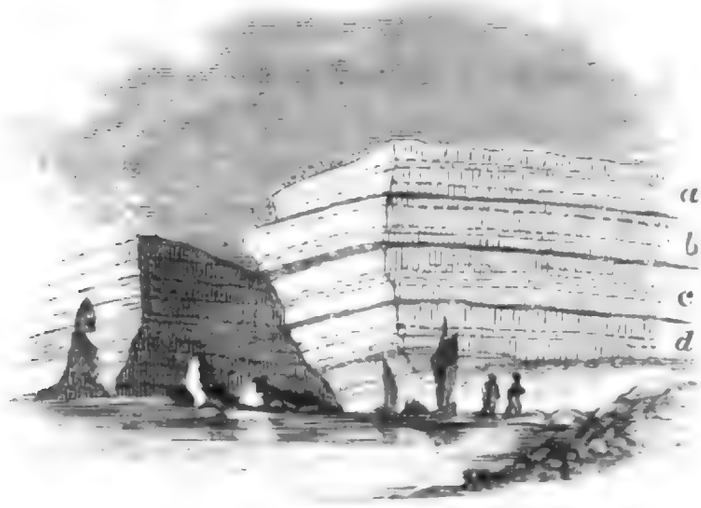
Einige Gesteine sind nur in seltenen Zwischenräumen Versteinerungen führend, indem Schichten von vielleicht bloss 2 oder 3 Zoll Mächtigkeit organische Reste liefern und diese in einer grossen Masse von Schlamm, Schlick und Sand, wie z. B. in den unteren der ältesten Versteinerungen führenden, den sogenannten silurischen Ablagerungen vorkommen. In gewissen Theilen dieser Reihe, wie sie sich in England entwickelt findet, giebt es an manchen Orten oft Hunderte von fussdicken Schichten, wo keine Spur eines organischen Ueberrestes gefunden wird, und dann sieht man eine dünne Schicht voll von ihnen, welche beweist, dass der Theil des Meeresgrundes, welcher eine solche Schicht darstellt, bloss aus Crustaceen, Mollusken und Korallen jener Zeit besteht, die zum Theil vielleicht an dem Orte lebten, zum Theil todt oder alle in dem einen oder anderen Zustande waren. Nichtsdestoweniger ist die ganze Reihe von Ablagerungen, von welchen

Digitized by Google

solche dünne Schichten einen Theil und gleichsam nur seltene Streifen bilden, ein Abschnitt eines gewissen kleineren Areals in dem Meeresgrunde jener Zeit und Localität, worin sich die passenden Bedingungen für die Entwickelung der Keime und die spätere Existenz der vollkommenen Thiere darboten. Man muss die wahrscheinliche Ursache für diese Verbreitung und Art des Vorkommens suchen und wohl beachten, und hierin wird der nicht Versteinerungen führende Theil der ganzen Masse wichtig für die Lösung des Problems.

Bisweilen sind sehr verschiedene Arten von Schichten voll von organischen Resten, wie z. B. in einem solchen Durchschnitt, wie die hier stehende Fig. 172, wo die Klippe eine Ansicht der vielen Meeres-

Fig. 172.



böden gestattet, welche sich in jener Localität auf einander folgten, als das Ganze unter Wasser war. Wenn z. B. *a* ein kalkig kieseliger Sandstein ist, *b* ein grobkörniger kieseliger Sandstein, *c* ein Mergel oder Thon und *d* ein feiner thonig-kieseliger Sandstein, dann, so weit der Durchschnitt sich erstreckt, ein sandiger Boden folgt, auf den Schlamm kommt, und auf diesen bei dem Fortschreiten der allgemeinen Anhäufung ein feinerer Sand nebst kalkigen Stoffen abgelagert wird, so haben wir hier den Beweis, dass die physikalischen Verhältnisse des Areals, worin diese Ablagerungen bewirkt wurden, sich modificirten oder veränderten, und ein Beobachter würde folglich untersuchen, wie weit eine Modification oder Veränderung in dem thierischen Leben, dessen Reste in den verschiedenen Schichten entdeckt wurden, gleichzeitig stattgefunden haben kann.

Beim Suchen nach den Grenzen des alten Landes, welches den Schlamm, Schlick, Sand und Grus der Ablagerungen in seiner Nähe geliefert hat, ist es offenbar wichtig, sich nach Spuren von alten Ufern umzusehen, in so weit diese die wirklichen Ränder der Meere jener Zeit zeigen. Durch die in neuerer Zeit oft angestellten Untersuchungen dieser Art sind solche Ufer häufiger entdeckt worden als man frü-

Digitized by Google

her hätte erwarten können. Durch die Untersuchungen von Ramsay wissen wir, dass es während der Ablagerung der silurischen Gesteine von Wales und Shropshire eine Zeit gab, wo die älteren Ablagerungen, die jetzt den District der Longmynds bilden, über dem Meere und von Ufern begrenzt waren, während der Theil der silurischen Formationsreihe, der Caradoc-Sandstein heisst, in ihrer Nähe abgelagert wurde *). Weiter haben im Malvern-District die Arbeiten von Phillips gezeigt, dass in ungefähr derselben geologischen Zeit ein Theil der Syenite der Malvernhügel über dem Meere gewesen sein muss, indem eine Strandablagerung, in welcher eckige Fragmente der früher vorhandenen Gesteine vorkommen, sich am Zuckerhutberg, auf ihrer westlichen Seite, findet **). In beiden Fällen wurden organische Reste mit den Uferablagerungen zusammen entdeckt, und Forbes glaubt, dass die von ihm aus dem Longmynd-Districte untersuchten einen Küstencharakter haben ***). Dieses sind nicht gerade die ältesten Strand- und Littoralablagerungen in den Britischen Inseln, da, wo Conglomerate sich unter den Schichten der Cambrischen Gesteine bei Bangor im westlichen Wales finden, diese ebenfalls die Ufer von noch älterem Lande gebildet haben können, welches das Material für diese Conglomerate lieferte.

Auch in der aufsteigenden Reihe von Versteinerungen führenden Gesteinen, deren Materialien in auf einander folgenden geologischen Zeiten geliefert wurden, ist an manchen Orten bei sorgfältiger Untersuchung ein ähnlicher Beweis zu erhalten. Nehmen wir die jüngere Grauwacke (*old red sandstone*), wie sie sich in England zeigt, so deuten manche Theile auf einen Littoralursprung, während andere Theile nur einen Theil der Ablagerungen ausmachen, die nach einander unter dem Wasser eines Meeres gebildet wurden, wie z. B. in Devonshire. Dies lässt sich schliessen aus der Art des Vorkommens der jüngeren Grauwacke (*old red*) in einigen Theilen von Irland, Nord-Wales und Schottland, wo Geschiebe von verschiedener, oft bedeutender Grösse um Massen von älteren Gesteinen gelagert sind und vielen Buchtungen des älteren Landes folgen, um welches sie aufgeschüttet wurden. Theile von dem älteren Lande der Zeit haben bisweilen einen insularen Charakter, wie z. B. in der Grafschaft Kildare in Irland, wo der Höhenzug, der nach einem Berge der Stuhl von Kildare (*Chair of Kildare*) genannt ist, sich über das Meer jener Zeit erhoben zu haben scheint, wo seine Gesteine Materialien für die Geschiebe an seinen Ufern lieferten und das Ganze später beinahe oder ganz von der unter dem Namen des Bergkalks bekannten Kalkablagerung bedeckt wurde, durch deren

*) *Journal of the Geological Society of London.* Vol. IV., p. 294.
**) *Memoirs of the Geological Survey of Great Britain.* Vol. II., p. 67.
***) *Journal of the Geological Society of London.* Vol. IV., p. 297.

Digitized by Google

Entfernung oder Denudation, wodurch sie ihrerseits einen Ueberfluss an Geschieben und Geröllen in anderen und späteren geologischen Zeiten lieferte, der grösste Theil dieser Anordnung der Theile aufgeschlossen und die Kette des *Chair of Kildare* zurückgelassen wurde, welche sich selbst jetzt wie eine Insel über einen ebenen District erhebt.

Verlassen wir diese älteren Ablagerungen, so finden wir, ohne über die Britischen Inseln hinauszugehen, zum Beweis, wie solche Untersuchungen in einem so kleinen Theil der Erdoberfläche angestellt werden können, wiederum deutliche Spuren von Ufern, zu einer Zeit, die als die des bunten Sandsteins (*new red sandstone* in England) bekannt ist, einer Zeit in diesen Inseln, welche auf eine neue Anordnung in der relativen Vertheilung von Land und Wasser folgte, und durch welche der frühere Meeresboden und Süsswasserablagerungen unregelmässig erhoben wurden, wobei die Kohlenflötze wahrscheinlich gerade über dem Wasser und durch fortgesetzte Senkungen unter sein Niveau gebildet worden waren. Im südwestlichen Theil von England und in Südwales sind die Ufer jener Zeit besonders deutlich, obgleich sie keineswegs in manchen anderen Districten fehlen oder undeutlich sind.

In den Mendip-Bergen in Somerset haben wir in verschiedenen Theilen von Gloucestershire, Monmouthshire und Glamorganshire durch die Entfernung späterer Anhäufungen durch entblössende Ursachen Beweise von alten Ufern, wie bei dem *Chair of Kildare*, obgleich die letzteren aus einer früheren geologischen Zeit sind. Wie bei den letzteren haben wir durch eine Wiederholung ähnlicher Ursachen Inseln mit ihren Ufern vor uns, nahe so wie sie in dieser späteren Zeit existirten.

Bei Untersuchungen dieser Art bieten sich oft Durchschnitte dar oder man kann solche aus den vorhandenen Thatsachen construiren, aus denen hervorgeht, dass während der Senkung des festen Landes und während Schlamm, Sand, Schlick und Gerölle sich längs den Ufern und den Inseln jener Zeit anhäuften, ein Strand nach dem anderen begraben wurde und eine weit verbreitete Decke von Gerölle den benachbarten Boden bedeckte, als er sich allmälig unter das Meeresniveau jener Zeit senkte. Die folgenden Durchschnitte Fig. 173 und Fig. 174 (s. f. S.) der alten Insel des alten, rothen Sandsteins und des Bergkalks der Mendip-Berge und einer anderen Insel von ähnlichem Charakter, von denen mehrere in der Nachbarschaft von Bristol gelegen sind, dienen zur Erläuterung dieses Umstandes; ebenso wie Gerölle von demselben allgemeinen Charakter, die von den unterliegenden oder benachbarten Gesteinen unter ähnlichen allgemeinen Bedingungen herrühren, auf einer geneigten Fläche während einer langen geologischen Zeit als eine Strandbildung angehäuft werden können, während das feste Land einer bestimmten Localität allmälig unter das Meer versenkt wurde. Beide Durchschnitte zeigen, dass die Strandlinien, die gewöhnlich aus Ge-

Digitized by Google

schieben von Bergkalk bestehen, welche jetzt durch dolomitische Masse cementirt sind und gleichsam in den rothen Schlamm jener Zeit, wel-

Fig. 173.

a a a gehobene Schichten von Bergkalk; *b b* Gerölleconglomerate von den unterliegenden oder benachbarten Gesteinen herrührend und durch eine dolomitische Masse cementirt; *c* rother Mergel; *d d* eine Linie, welche zeigt, wie die Entblössung verursachen kann, dass auf einanderfolgende Anhäufungen als einer Zeit angehörig erscheinen.

cher jetzt die rothen Mergel bildet, vorspringen, sich über einen Theil des letzteren während der Senkung ausdehnten und von einem anderen Theil bei dem Fortgang der Senkung bedeckt wurden. Ein Durchschnitt, Fig. 173, zeigt nur die Anhäufung des rothen Schlammes (Mergels), während der andere, Fig. 174, eine später gebildete Ablagerung von schwarzem Schlamm, der bisweilen kalkhaltig ist und mit einem thonigen Kalkstein abwechselt, darstellt, welche zusammen die Liasformation bilden. In dem rothen Schlamm sind keine Spuren organi-

Fig. 174.

a a Schichten von verworfenem Bergkalk; *b b* Gerölleconglomerate von den unterliegenden oder benachbarten Gesteinen herrührend und mit dolomitischer Masse cementirt; *c* rother Mergel; *d* Lias; *B* Blaize Castle Hill bei Bristol; *s* Mount Skitham.

scher Meeresreste in jenem Districte gefunden worden, obgleich sich weiter nördlich Streifen von ihnen finden. Aber selbst vorausgesetzt, dass später einige wenige organische Reste entdeckt werden, so haben wir immer noch Beweise von einem Strande, der auf einer Küste ruhte, und welcher durch das Meer während einer Periode aufgeworfen wurde, in der das feste Land allmälig sich unter das Meer senkte, und die vorhandenen Verhältnisse sich allmälig änderten, so dass das benachbarte Meer nicht länger ohne thierisches Leben war, oder wenigstens nur einen kleinen Theil von solchen Thieren hegte, deren härtere Theile sich in den Ablagerungen jener Zeit erhielten, dagegen Mollusken, Fische und Reptilien in Menge enthielt. Die Art, in welcher die Ausfüllung stattfand, sieht man gut in der Nähe von Blaize Castle Fig. 174, obgleich sich Beweise hierfür auch anderwärts finden; eine kleine Ablagerung von Lias (*d* auf der rechten Seite der Figur) reicht beinahe über den alten Strand, wie es in der That in keiner grossen Entfernung nach Westen vorkommt, wo er den Kohlenkalkstein an dem Rande des Kohlenfeldes von Redland bei Bristol bis nach Alverston

Digitized by Google

nördlich bedeckt. Der Beobachter wird bemerken, dass, wenn die entblössenden Ursachen, welche einen so grossen Theil der Ablagerungen einer späteren geologischen Zeit als diese alten Geschiebeufer entfernt haben, alle Spuren von ihnen in dem Durchschnitt bei Compton Martin in den Mendip-Bergen, Fig. 174, fortgeführt hätten, so dass bloss eine der Linie *d d* entsprechende Oberfläche blossgelegt worden wäre, es sehr schwer gewesen sein würde, die verschiedenen Theile dieser Geschiebedecke, welche jetzt ein Conglomerat bildet, auf ihre relative geologische Zeit zurückzuführen; obgleich bei dem alten Schlamm und Sand ausserhalb derselben, welcher in späteren Zeiten abgelagert wurde, das relative Alter der Theile hinreichend klar ist.

Bei dieser Gelegenheit wird es von Interesse sein, die Aufmerksamkeit des Beobachters innerhalb eines so kleinen Areals auf die Schichten von versteinerungsführenden Ablagerungen zu lenken, die sich auf einander folgten und von denen jede sich über einen Theil der vorhergehenden Ablagerungen verbreitete, als das feste Land der Mendip-Berge und deren Nachbarschaft dem Anscheine nach allmälig sich unter das Meer senkte. Zu diesem Zweck ist die folgende Karte von Nutzen, Fig. 175 (s. f. S.). In dieser bestehen die verschiedenen dargestellten Ablagerungen in aufsteigender Reihe aus 1) jüngerer Grauwacke (*old red sandstone*); 2) Kohlen- oder Bergkalk; 3) Kohlenflötzen; 4) dolomitischem Conglomerat und Kalkstein; 5) buntem Sandstein und Keuper (*new red sandstone and marl*); 6) Lias; 7) unterem Oolith und anderen Ablagerungen der unter dem Namen des Ooliths oder der jurassischen Bildungen bekannten Formationsreihe, und 8) Alluvium, Ablagerungen von den Abzweigungen des benachbarten Bristolcanals, wo sie sich in den Buchten des Landes bildeten und oft eine Fläche bedeckten, auf der einst Wälder wuchsen bei einem relativ höheren Niveau des Meeres und Landes als den jetzigen, wo das Ausgehende der Schichten von begrabenen Pflanzenstoffen und Bäumen die submarinen Wälder von Stolford und anderen Orten an der jetzigen Küste bilden (S. 392) *).

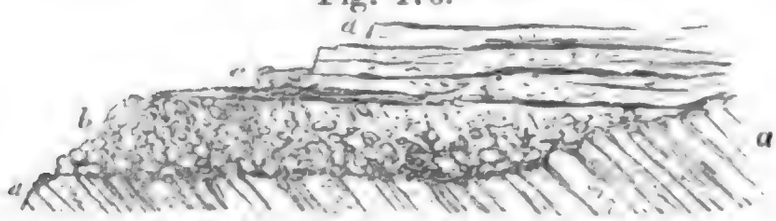
Die dunkel getupften Stellen in der Karte (die Conglomerate, 4) zeigen die Art des Vorkommens von Ufern um die älteren Gesteine der Mendip-Berge und um einen sich anschliessenden Theil des Landes bei Wrington, *f*. Obgleich in Folge des Vorrückens von zusammenhängenden Theilen dieser Ufer während der allmäligen Senkung des festen Landes und der späteren Zerstörung der Gesteine, mit Einschluss von allen anderen in dem Districte bis zu der Zeit seiner Alluvialebenen (*inclus*), dieselben nicht eine genaue Darstellung des Strandes einer Zeit geben, so dienen sie immerhin, um die Art und Weise zu zeigen, wie sie um dieses alte Festland abgelagert wurden. In Verbindung mit ähnlichen Thatsachen, die man selbst ganz in der Nähe in Glou-

*) Die Namen der verschiedenen durch Kreuze und Buchstaben in der Karte

Digitized by Google

blickt, sind die Wirkungen einer beträchtlichen Brandung an den Geschieben bemerklich, und sie scheinen auf dem Grunde alter Buchten und anderer Localitäten abgelagert worden zu sein, wo günstige Bedingungen für ihre Bildung vorhanden waren. Der folgende Durchschnitt, Fig. 176, zeigt einen solchen alten Strand, welcher vor der

Fig. 176.



a a Kalksteine abwechselnd mit Sandsteinen und Mergeln, von dem unteren Theil der Bergkalkgruppe jenes Districts; *b* grössere Geschiebe und Gerölle, zum Theil eckig, von den unterliegenden Gesteinen, die durch zwei verschiedentlich erhärtete und zum Theil aus Dolomit bestehende Massen verkittet sind; *c* Conglomerat oder Breccie, in welcher die dolomitische Masse häufiger ist, und noch mehr so bei *d*, wo sie weiterhin den Charakter der reineren dolomitischen Kalksteine annimmt, in welchen keine Gerölle und Bruchstücke vorkommen.

Schlucht des Avon bei Clifton in der Nähe von Bristol liegt, in einer Einsenkung zwischen Durdham Down und Clifton Hill, in welchem einige abgerundete Theile des unterliegenden Gesteins nicht weniger als 40 Centner wiegen können, und keine geringe Kraft der Brandung erforderten, um sie zu bewegen und so anzuhäufen, wie man sie jetzt findet.

Als die Senkung dieses festen Landes fortdauerte, während geologische Veränderungen über ein weites Areal stattfanden, in welchem dieser District nur ein kleiner Punkt war, und so, dass, ohne Beziehung zu den anderwärts gebildeten Ablagerungsmodificationen, auf das rothe Sediment der Meere nahe den Ufern des Landes, welches damals über dem Wasser war, wo jetzt England liegt, andere folgten, in und über welchen thierisches Leben in reichem Maasse vorhanden war, bewegten sich die Strandlinien an den Abhängen der benachbarten Gesteine nach aufwärts. So wurden die Gerölle der letzteren und die Klippen jener Zeit gelegentlich mit den Resten des damals vorhandenen thierischen Lebens gemischt. Nahe bei Shepton Mallet (*x'* in der Karte Fig. 175), wo der Lias (6) sowohl auf dem alten rothen Sandstein (1) wie auf dem Kohlenkalk (2) ruht, findet sich viel von diesen

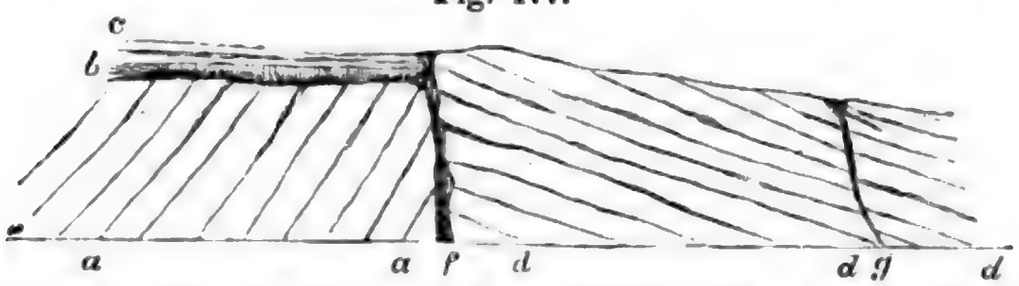
---

k, Congresbury; *l*, Banwell; *m*, Locking; *n*, Bleadon; *o*, Lympsham; *p*, Burington; *q*, Compton Martin; *r*, Hinton Blewet; *s*, East Harptree; *t*, Lilton; *v*, Chew Stocke; *x*, Chew Magna; *y*, Stowey; *a'*, Shipham; *b'*, Biddesham; *c'*, Badgworth; *d'*, Weare; *e'*, Axbridge; *f'*, Chapel Allerton; *g'*, Chedder; *h'*, Priddy; *i'*, Binegar; *k'*, Chewton Mendip; *l'*, Wedmore; *m'*, Radstock; *n'*, Kilmersdon; *o'*, Draycot; *p'*, Stoke Rodney; *q'*, Westbury; *r'*, Wookey; *s'*, Dinder; *t'*, Crosscombe; *v'*, North Wooton; *w'*, Wells; *x'*, Shepton Mallet; *y'*, Downhead; *z'*, Mells; *a''*, Elm; *b''*, Whatley; *c''*, Nunney; *d''*, Cloford; *e''*, East Cranmore; und *f''*, Chesterblade.

Digitized by Google

alten Geschieben, die jetzt ein Conglomerat bilden. Die folgende Figur 177 ist ein Durchschnitt ganz nahe bei Shepton Mallet, an der

Fig. 177.



Strasse nach Bath, in dem eine Geröllschicht (*b*) über die früher aufgerichteten Schichten des Kohlenkalkes (*a a*) gestreut wurde, und eine Fortsetzung von einigen weiteren sandigen und kiesigen Schichten nicht weit davon entfernt bildet, die sehr das Ansehen eines Ufers haben. Der Lias bei *c*, der diese Geröllschicht bedeckt, ist durch eine Dislocation oder Verwerfung *f* gesenkt worden, so dass man Schichten über der von *c* bei *d d d* sieht, und die letzteren sind abermals durch eine Dislocation bei *g* durchbrochen und die ganze Oberfläche des Hügels ist durch Abschwemmung so ausgeglichen, dass man nur eine sanft geneigte Ebene sieht. Ehe wir diesen Durchschnitt verlassen, wollen wir erwähnen, dass ein Beobachter, der die verschiedenen Verhältnisse untersucht, unter denen sich Versteinerungen führende Ablagerungen angehäuft haben, hier sehen kann, dass viel weniger Schlamm mit dem Kalk des Lias gemischt war, als in dem District gewöhnlich ist, und welcher nicht weit von diesem Orte entfernt gefunden werden muss. Die Schichten des Liaskalksteines sind hier grösstentheils dick, und gleichen in Reinheit mehr dem Kohlenkalkstein *a a*, auf welchem sie ruhen, und zeigen einen reineren Zustand des Meeres, wo sie gebildet worden, als in den Arealen, in welchen sich der gewöhnliche Schlamm und der schlammige und sandige Kalkstein des Lias absetzte. In Verbindung mit dem Vorhandensein von Ufern scheint diese grössere Abwesenheit von Schlamm auf die grössere Nähe eines Ufers mit geringerer Tiefe des Meeres hinzuweisen, in welchem das Wasser gewöhnlich mehr bewegt war, so dass die leichteren Substanzen leichter in mechanischer Suspension getragen und leichter durch die Gezeiten und die Strömungen an passendere Ablagerungsorte getragen wurden.

Diese weniger schlammige Beschaffenheit des Liaskalkes ist keineswegs auf die Nachbarschaft von Shepton Mallet beschränkt; man sieht sie an mehreren Orten in jenem Theil von England und Südwales. Ebenso sieht man sie gut an einigen Orten in Glamorganshire, wo man den Liaskalk, wie in der Nachbarschaft von Merthyr Mawr, leicht mit dem Kohlenkalk verwechseln kann, mit dem er keine unbedeutende mineralogische Aehnlichkeit hat. Hier findet der Beobachter wiederum diesen Charakter in Verbindung mit alten Conglomeraten, welche Strandablagerungen aus der Zeit des Lias gleichen und auf die wahrscheinliche

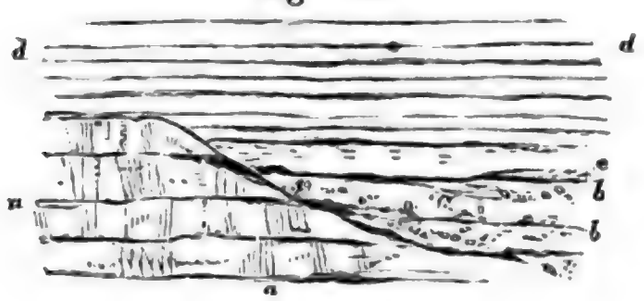
Digitized by Google

Nähe von festem Lande hindeuten, wie solches leicht damals in dem grossen Kohlendistrict nördlich davon existirt haben kann, und welches sich selbst jetzt nach so grossen Zerstörungen während Senkungen und Erhebungen unter und über das Meer durch eine lange geologische Zeit hindurch hoch über diese Ablagerungen erhebt. In derselben Nachbarschaft (Dunraven) ruht auch der Lias auf einer reinen Oberfläche von Kohlenkalk, wie man in der folgenden Skizze (Fig. 179, s. f. S.) sieht und im Durchschnitt (Fig. 178), in welchem *a* die gebogenen Schichten des

Fig. 178.

letzteren und *b* Schichten des ersteren darstellt, die auf ihren Schichtenköpfen ruhen. In dem Durchschnitt (Fig. 178) sind die unteren Schichten (*b*) des Lias hell gefärbt und enthalten Bruchstücke von dem unterliegenden Kohlenkalk, auf welche thonige graue Kalksteine bei *c* folgen. *ff* sind die Dislocationen oder Verwerfungen, die die Schichten durchsetzen. In diesem Fall könnte zwar ein Beobachter die Nachbarschaft einer Küste aus den Fragmenten in dem unteren Lias vermuthen, er wird sich aber nach weiteren Beweisen umsehen, und beim Nachsuchen wird er um die Spitze *a* in der Skizze Fig. 179 ein Conglomerat (*b b* Fig. 180) finden, welches ihn an ein Ufer erinnert, das bis zu einem gewissen Grade und Niveau zwischen die Liasschichten *d d* und einen abgenutzten Abhang von Kohlenkalkschichten *a a* tritt, welche letzteren hier durch eine locale Biegung in eine horizontale Lage gebracht sind. Bei *c* in diesem Durchschnitt findet sich die weissliche Varietät des Lias dieses Districtes zu einem grossen Theile frei von schlammigen Beimischungen. Er ist selbst bisweilen dolomitisch und etwas krystallinisch in dieser Nachbarschaft.

Fig. 180.



Kehren wir zu dem kleineren Areal der Mendip-Berge zurück, und suchen wir nach Beweisen für die Anwesenheit von festem Land und Ufern aus dieser Localität und Periode, so finden wir, dass, als das Land mehr und mehr unter das Meer gesenkt wurde, der Lias gleichsam an den Seiten der steilen Ufer hinaufkroch, indem sich mehr schlammige Masse nach aussen anhäufte, Einsenkungen ausgefüllt wurden, bisweilen selbst an den Ufern, wenn hinreichende Ruhe eine solche Ablagerung gestattete, und indem sich feines Sediment über feinem Sediment

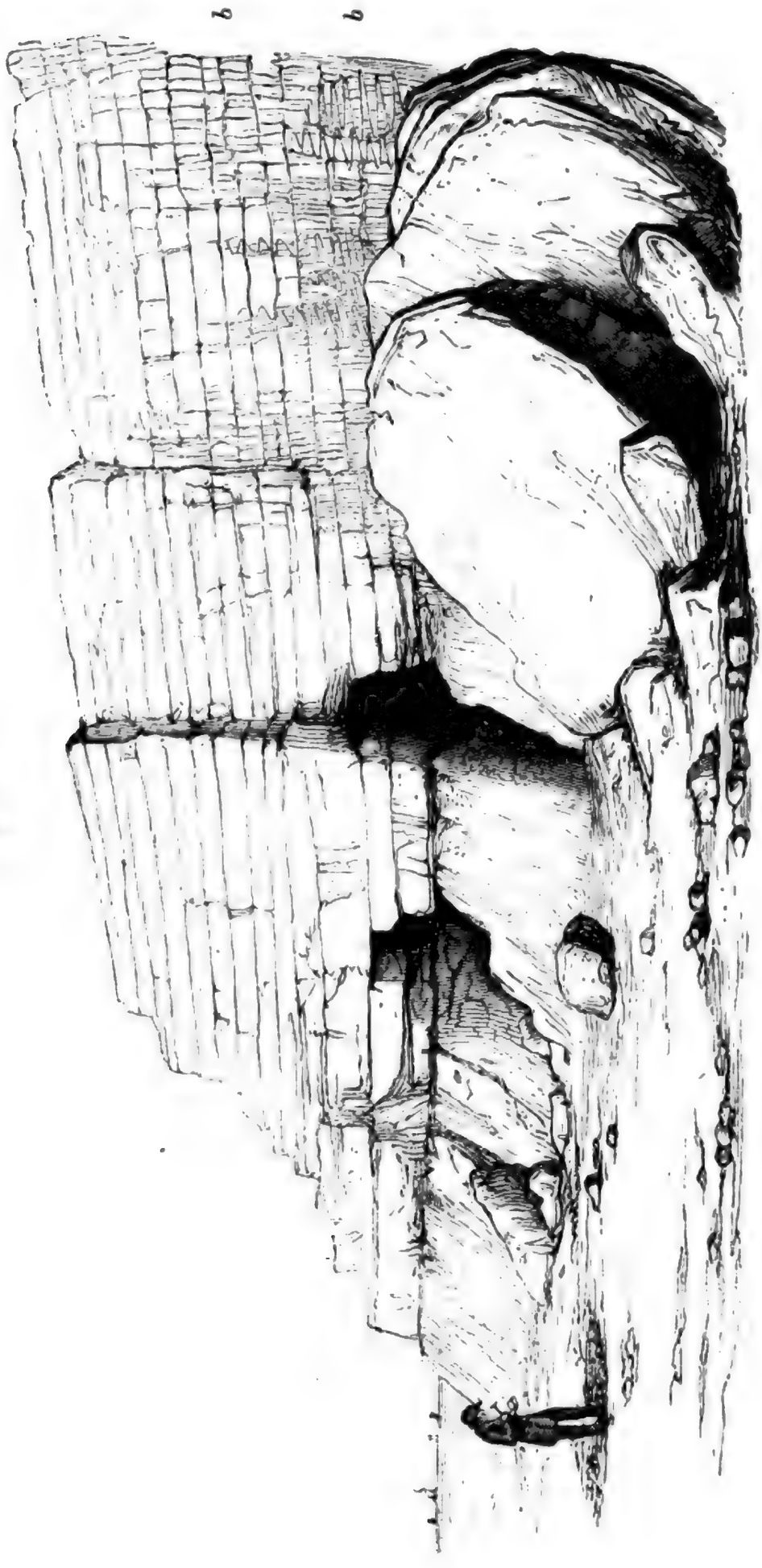


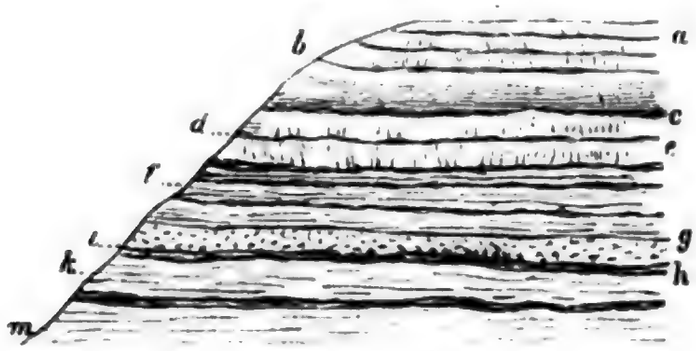
Fig. 179.

Lias auf Kohlenkalk ruhend bei Dunraven Castle in Glamorganshire.

Digitized by Google

anhäufte, so dass eine Art Uebergang des Lias in die feinen rothen Mergel darunter stattfindet (Fig. 181).

Fig. 181.



a Grauer Liaskalkstein und Mergel; *b* erdiger weisslicher Kalkstein und Mergel; *c* erdiger weisser Liaskalkstein; *d* sandiger Kalkstein; *e* grauer Mergel; *g* rother Mergel; *h* Sandstein mit kalkigem Bindemittel; *i* blauer Mergel; *k* rother Mergel; *l* blauer Mergel; *m* rother Mergel.

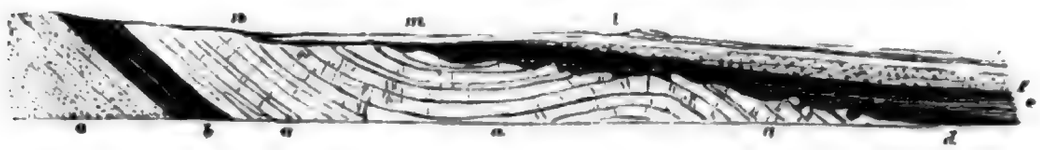
Der Beobachter findet zunächstKalksteinschichten (7), die als unterer Oolith bekannt sind, welche (Karte Fig. 175) von Cranmore (*ee''*) im Süden bis Mells (*z'*) nördlich auf verschiedenen älteren Ablagerungen ruhen; alten rothen Sandstein (1), Kohlenkalk (2), Steinkohlenformation (3), und Lias (6), welche sich über die fast horizontalen Schichten der letzteren wie über die verschiedentlich gekrümmten Schichten der drei ersteren ausdehnen. Die Reste von Meeresmollusken zeigen, dass diese Ablagerung in einem Meere stattfand und dass deshalb die früher erwähnte Senkung des Landes fortdauerte; aber da bis jetzt keine deutlichen Ufer in Verbindung mit dieser Kalkablagerung entdeckt wurden, so sind die wahrscheinlichen Grenzen zwischen dem Meere und dem Lande nicht so deutlich. Es ist nicht klar, ob die Mendip-Berge nicht ganz unter Wasser gewesen sind, obgleich das relative Niveau der verschiedenen Theile der Felsmassen, ungeachtet der Veränderungen in diesem Niveau durch verschiedene und während einer langen geologischen Zeit bewirkte Dislocationen uns zu der Vermuthung führt, dass Stücke von festem Land noch hier und da aus dem Meere in jenem kleineren Flächenraum sich erhoben haben können. Sei dies wie es wolle, so gab es, als diese Bedeckung von Kalk (unterer Oolith) statthatte und über den alten Rand des Lias ging, nackte Stellen von Kohlenkalk in dem Meere, und in diese begruben sich die Bohrmollusken der damaligen Zeit. Ihre Reste finden sich jetzt in den von ihnen herrührenden Löchern, und wenn gute Oberflächen entblösst sind, so könnte ein Beobachter auf Kalksteinen zu gehen glauben, die bei der Ebbe trocken sind, und in denen die Bohrmuscheln der jetzigen Zeit ihre Löcher gemacht haben. Nicht nur sind diese alten Oberflächen dergestalt von den Bohrmollusken jener Epoche (nämlich der Zeit des unteren Ooliths) angebohrt, sondern hier und da, wie z. B. bei Nunney (*c''*), finden sich auch die Austern derselben Periode noch an nackten submarinen Kalksteinflächen jener Zeit anhängend. Es können Zweifel herrschen über die Tiefen, bei welchen die Bohrmuscheln arbeiteten und die Austern an diesem Kohlenkalk anhingen;

Digitized by Google

das ganze alte Festland kann, wie früher erwähnt, damals unter Wasser gewesen sein; aber während der Beobachter so seine Spuren von festem Land verliert, hat er den Beweis, dass es immer noch sich zu senken fortfuhr, so dass wenigstens die Bewegung in dieser Richtung nicht aufgehört hatte.

Der folgende Durchschnitt (Fig. 182) zeigt die Art und Weise

Fig. 182.



auf welche der untere Oolith *g n* über die alten Ufer *d m* übergreift. Die unter dem Namen des unteren Oolithsandes bekannten Sandablagerungen (*f*), die die Kalkschichten des unteren Ooliths von dem Lias (*e*), mit Inbegriff der oberen Schichten dieses Gesteins, *marlstone* genannt, trennen (eine Ablagerung, die voll von organischen Resten ist), sind wieder ebenfalls überragt. *h l* ist der als Walkererde (*Fuller's earth*) bekannte Thon, *i* sein Kalkstein.

Bezüglich des Vorkommens des unteren Ooliths (7, Karte Fig. 175) zeigt die folgende Skizze (Fig. 183), aus der Nähe von Frome, an der Strasse nach Mells, nicht nur die Art und Weise, in welcher derselbe (*a*) häufig auf dem unterliegenden Kohlenkalk (*c*) aufruht, sondern auch die sehr ebene Oberfläche, welche der letztere häufig über verhältnissmässig grosse Flächenräume in jener Nachbarschaft darbietet. Diese Oberflächen sind nicht nur gewöhnlich von den grossen Bohrmollusken jener Zeit angebohrt, welche man zuweilen noch in ihren Löchern findet (*a* Fig. 184), sondern haben auch mehr gekrümmte Canäle von einem anderen Thier, von dessen Löchern man Durchschnitte bei *b b* sieht. Bei *b* (Fig. 183) findet sich eine etwas sandige Zwischenlage, welche die angebohrte Oberfläche des Kalksteins bedeckt, eine Ablagerung, die dazu gedient haben kann, diese Oberfläche für den Wohnort der steinbohrenden Mollusken weiterhin untauglich zu machen.

Fig. 183.

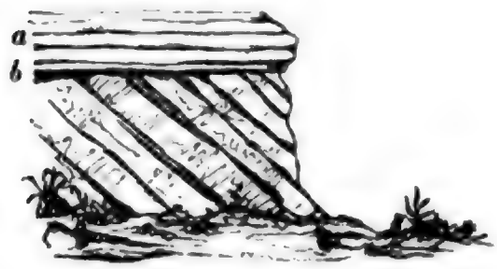


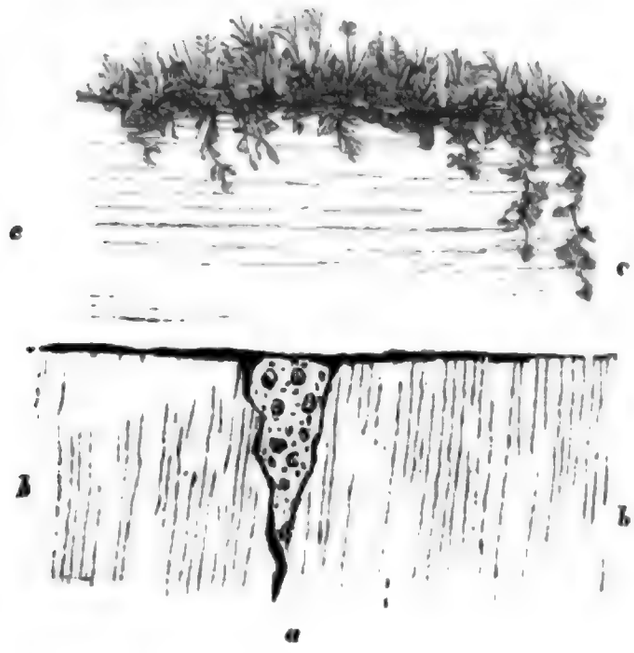
Fig. 184.

Um das Datum dieser Bohrlöcher noch bestimmter zu bezeichnen, zeigt uns dieselbe Nachbarschaft glücklicher Weise (Fig. 185), dass

Digitized by Google

ein Theil der Geschiebe (*a*), die in der Zeit des Lias angehäuft wurden (indem für diese Ablagerung charakteristische organische Reste sich darin finden), fest geworden und durch abschwemmende Ursachen bis zu demselben Niveau wie der Kohlenkalk *b b* geebnet sind, indem sie in einer Spalte in dem letzteren vorkommen und durch dieselben Meeresthiere vor der Ablagerung des unteren Ooliths *c c* angebohrt wurden. Einen weiteren Beweis bezüglich des Alters dieser Bohrlöcher

Fig. 185.



findet man darin, dass die Schichten des unteren Ooliths selbst dergestalt angebohrt sind, und durch dieselben Thiere, wie man in den Steinbrüchen von Doulting, südlich von den Mendip-Bergen, und bei Ammersdown, nördlich davon, sehen kann, wo beim allmäligen Festwerden der Schichten dieselben auf ihrer Oberfläche die nöthigen Bedingungen für die Existenz dieser Meeresthiere darboten, die Schutz in festen Gesteinen verlangten.

Angenommen, dass die älteren Gesteine dieses kleinen Districtes gänzlich in dieser Zeit unter das Meer versenkt wurden, so hat der Geologe hier gleichsam den Zustand eines kleineren Areals verfolgt, wie dasselbe erst festes Land und Meer war, und das letztere später alle Spuren des ersteren bedeckte. Was hier in einem kleinen Raume verfolgt wurde, kann bisweilen mit weit grösseren Flächenräumen geschehen. Dieses kann z. B. in Bezug auf die Vertheilung von Land und Wasser bei einem grossen Theil von Grossbritannien geschehen, zur Zeit, als die Triasgruppe (*new red*) abgelagert wurde. Bis zu einem gewissen Grade zeigt dies das Studium irgend einer geologischen Karte dieser Inseln, obgleich nicht ganz, da die abschwemmenden Ursachen bisweilen so gewirkt haben, dass sie diese Gesteine und späteren Ablagerungen von Orten entfernten, welche aus der Art des Vorkom-

Digitized by Google

mens der Gesteine in ihnen unter dem Wasser in der Zeit gewesen sind, als andere Theile dieser Schichten gebildet wurden.

Bei der weiteren Verfolgung dieser Betrachtungsweise hat der Geolog noch weiter die Wahrscheinlichkeit der Gegenwart von festem Land über ein relatives Areal ins Auge zu fassen, welches einen grossen Theil unserer Continente in sich begreifen würde, wenn er zu umfassenden Schlüssen bezüglich der Bedingungen gelangen will, welche bei der Bildung von gegebenen sedimentären oder Versteinerungen führenden Ablagerungen geherrscht haben. Wie wir gesehen haben, ist es sehr wichtig für ihn, Beweise von der Gegenwart von Ufern zu erhalten, da ihm diese die Grenzen von Land und Meer in gewissen geologischen Zeiten geben. Diese kann er indessen nicht immer entdecken, da ihre Erhaltung von gewissen Bedingungen abhängt, wie z. B. von ihrem Festwerden zur Zeit ihrer Bildung, wie sie jetzt an manchen Orten statthat, oder ihr Vorkommen an so geschützten Oertlichkeiten, unter veränderten Bedingungen von Meer und Land, dass sie bedeckt und nicht entfernt werden können.

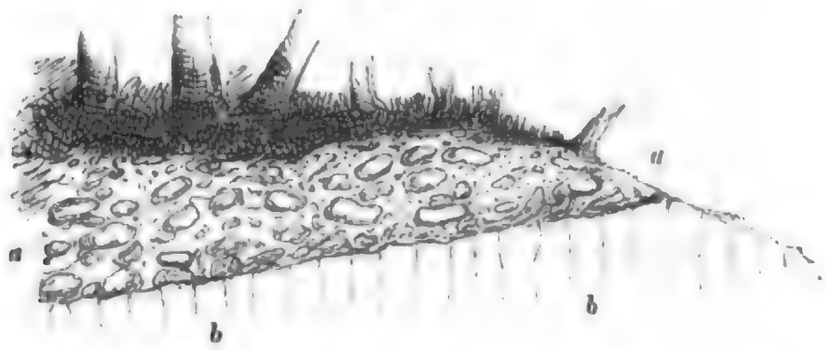
Obgleich Wasserablagerungen keine bestimmte Grenze von Land und Meer in irgend einer gegebenen geologischen Zeit liefern, so beweisen sie nichts desto weniger die Existenz von festem Land, welches sie in jener Zeit umgab. Angenommen, die grossen Seen von Nordamerika würden durch Mineralstoffe mechanisch oder chemisch ausgefüllt, und dadurch die Reste der in ihnen lebenden oder in sie durch Flüsse hineingeschwemmten Thiere eingehüllt, und diese Anhäufungen würden in die Atmosphäre erhoben und bildeten Berg und Thal und verwittert und ausgewaschen selbst Theile von hohen Bergen und Thälern, so würden sie zwar einem Beobachter nicht die Grenzen des heutigen Landes geben, aber sie würden doch im Ganzen die Existenz eines nicht unbeträchtlichen Festlandes in einer gegebenen Periode beweisen. Da die Nothwendigkeit vorhanden ist, dass Land über dem Spiegel des Meeres war, welches durch atmosphärische Einflüsse, fliessendes Wasser und die Thätigkeit des Meeres entfernt werden und die unorganischen Materialien für die in den Meeren irgend einer geologischen Zeit angehäuften Ablagerungen liefern konnte, so war das Land, wenn keine Spuren seiner Gegenwart in gewissen Gegenden unter den Versteinerungen führenden Schichten gefunden werden, entweder sehr entfernt, es besass keine Seen, wenigstens keine, in welchen Mineralablagerungen gebildet wurden, hatte keine Flüsse, die von ihm aus ins Meer flossen und Süsswasserthiere in dasselbe führten, oder wenn Versteinerungen führende Süsswasserablagerungen vorhanden gewesen sind, so sind sie nach ihrer Bildung doch wieder entfernt worden.

Um die wahrscheinliche Erhaltung solcher Ablagerungen bei den Bewegungen der Erdoberfläche, wodurch festes Land unter den Spiegel des Meeres gesenkt wird, richtig zu würdigen, muss der Beobachter

Digitized by Google

seine Aufmerksamkeit auf die Wirkungen richten, welche auf eine solche Veränderung folgen. Würde irgend eine grosse Fläche von festem Lande, das entweder ganz oder theilweise vom Meere begrenzt ist, jetzt höher über das letztere erhoben, so würde wahrscheinlich ein Saum von submarinen Ablagerungen zu gleicher Zeit erhoben werden, während sich die verschiedenen Mündungen der Flüsse dem neuen Meeresniveau anzupassen hätten. Viele Aestuarien würden als solche aufhören, wenn die benachbarten Meere Ebbe und Fluth besässen, und der Lauf der sie speisenden Flüsse würde Veränderungen erfordern in Uebereinstimmnng mit der Veränderung des Niveaus; hierdurch würde eine grössere Schnelligkeit und folglich auskehrende Kraft, wenn das Volumen dieser Gewässer im Ganzen dasselbe bliebe, den Theilen ihres Bettes mitgetheilt werden, deren Zustand mehr oder weniger durch das frühere Meeresniveau regulirt worden war. Unter solchen Verhältnissen würde, wie in Fig. 186, manches Flussbett so erniedrigt wer-

Fig. 186.

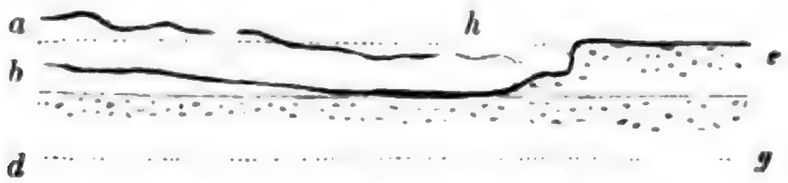


den, dass alte Flussbetten *a a* an den Seiten der Thäler zurückbleiben über denen, welche der Fluss sich selbst gebildet hatte, entweder durch die Entfernung des lockeren in dem Thal *r* angehäuften Materials, oder indem er durch eine Felsenbarre *b b* durchschnitt, was die neue Schnelligkeit seines Laufes und seine Kraft, die Mittel einer wirksamen Reibung, zu transportiren erlaubte. Die Brandung würde auf die neue Küstenlinie auf verschiedene Weise wirken. In den Fällen, wo Klippen von festem Gestein da waren, die früher bis in das Meer gingen, und wo bei der Erhebung des Landes die Brandung noch auf dieselben wirkt, wird kein wesentlicher Unterschied stattfinden, ausgenommen so weit als die jetzt seichteren, benachbarten Tiefen durch Wellen mehr als früher beunruhigt werden, so dass feines und früher zur Ruhe gekommenes Sediment entfernt und seine weitere Anhäufung in jener Localität verhindert werden könnte. Bei einem erhobenen Saum eines littoralen Meeresbodens würden die Folgen sehr verschieden sein. Die Ausgleichung zur früheren Thätigkeit der Brandung auf seichten Ufern, besonders auf denen, wo der überschüssige Sand aufs Land getrieben und in Sandhügel angehäuft wurde, würde aufhören und das Meer würde die lockeren Materialien entfernen, bis eine neue Ausgleichung von Kraft und Widerstand hergestellt ist in der Weise wie die Fig. 187 (s. f. S.) zeigt. Wenn

Digitized by Google

in diesem Durchschnitt *a* die Oberfläche des Meeres ist, nach einer Erhebung des benachbarten Landes, so dass ein Meeresboden *be* in den

Fig. 187.



Bereich der Thätigkeit der Brandung *h* gebracht wird, unter welcher sein Abhang sich früher bildete, so wird dann diese Thätigkeit leicht den nicht fest gewordenen Schlamm oder Sand entfernen und ebenso die Thierreste, welche darin während ihrer Anhäufung begraben oder die getödtet wurden, als die Erhebung stattfand. Wenn die Erhebung des Landes fortdauert, so wird die unterliegende Sedimentschicht *dg* mit etwa darin enthaltenen organischen Resten gleichfalls derselben Thätigkeit unterworfen, so dass an offenen Meeresküsten mit starker Brandung grosse Flächen des Meeresbodens entfernt und ihre Materialien anderswo an Localitäten angehäuft werden, wo sie Ruhe finden. Da es unter solchen Verhältnissen Tiefen giebt, wo durch die von den Wellen bewirkte Beunruhigung nach oben eine blosse Scheidung der Materialien dieses Bodens stattfindet, so muss der Beobachter beachten, dass dann eine Mischung der harten Reste der in dem älteren Meeresboden begrabenen Thiere mit denen von solchen stattfinden kann, welche die Meere derzeit bewohnen, so dass, wenn eine Veränderung in den lebendigen Wesen des Areals durch die Veränderungen des Niveaus während des Zwischenraums der Bildung des beiderseitigen Meeresbodens stattgefunden hat, die organischen Reste von beiden vermischt werden können, besonders wenn es auf eine ruhige Weise geschieht, so, dass die ganzen Muscheln oder anderen Reste der älteren Ablagerungen nicht verletzt werden.

Bei einer solchen Erhebung des Landes könnten, wenn sie in Bezug auf ein bestimmtes Areal, in welchem ein Süsswassersee liegt, horizontal wäre, die die Ablagerungen in ihm afficirenden Verhältnisse ziemlich dieselben bleiben, ausgenommen in solchen Fällen, wo ein sich in ein benachbartes Meer entleerender Fluss so in Bezug auf seinen Ausfluss verändert würde, dass er, statt einer mässigen Geschwindigkeit, eine beträchtliche erlangt, die Oberfläche des Sees selbst durch das Einschneiden eines neuen Canals erniedrigt und dadurch ein Gleichgewicht seines Falls mit dem relativ neuen Meeresniveau hergestellt wird. Unter solchen Verhältnissen würde das Areal und das Volumen der dann blossgelegten Süsswasserablagerungen von der Seichtigkeit des Sees abhängen. Blicken wir auf ausgedehnte Landstriche mit Seen, wie die in Nordamerika, und beachten wir die Wahr-

Digitized by Google

scheinlichkeit einer ungleichen Erhebung des Landes, so dass ein Theil mehr als der andere gehoben wird, so begreift sich leicht, dass das Wasser der grossen Seen so entfernt werden kann, dass ein grosser Theil ihrer alten Ablagerungen als festes Land blossgelegt wird, während Ablagerungen in den noch unter dem Wasser befindlichen Theilen ihrer Becken fortdauern können. In grossen Seen, wo die Thätigkeit der Brandung merkliche Wirkungen hervorbringt, würde dieselbe Tendenz zur Entfernung des lockeren Bodens, die so unter ihren Einfluss gebracht sind, stattfinden, wie an den Meeresküsten, wobei Kalkablagerungen natürlich im Verhältniss zu ihrer Härte Widerstand leisten.

Wenden wir uns jetzt zu der Erhebung von Land über einen weiten Flächenraum, so dass die Verbindungen zwischen Binnenmeeren und dem Oceane aufgehoben werden, so können grosse geologische Veränderungen nicht nur in den lebendigen Wesen des vom Land umschlossenen oder sich in das Land hineinziehenden Wassers, sondern auch in den Verhältnissen des festen Landes selbst stattfinden. Wie wir gesehen haben, ist die Verdunstung in dem Mittelländischen Meere so viel grösser als der Wasserzufluss, den es durch die Dardanellen aus dem Schwarzen Meere und durch die in dasselbe fliessenden Flüsse erhält, dass, wenn eine Erhebung des Landes stattfände, wodurch die Meerenge von Gibraltar geschlossen würde, eine Veränderung, welche der Geognost nach seinen Untersuchungen keineswegs für sehr bedeutsam halten kann, dieses Meer sich dem Zufluss des Wassers anpasst, so dass die eine dem anderen das Gleichgewicht hält. Das Resultat würde eine bedeutende Blosslegung des jetzigen seichten Meeresbodens des Mittelländischen Meeres und eine Niveauveränderung sein, durch welche der Ausfluss der Ströme eine grössere Geschwindigkeit erlangt, die auch der Strömung durch die Dardanellen mitgetheilt würde, nebst einer neuen Ausgleichung des Niveaus in dem Schwarzen Meere und der in dasselbe fliessenden Flüsse, welche sich bis in das Asowsche Meer erstreckte.

Die grossen Flüsse, welche sich in das Mittelländische Meer ergiessen, würden, noch lange nachdem eine Unterbrechung der freien Communication mit dem Ocean an der Meerenge von Gibraltar stattgefunden, ihre jetzigen Wirkungen fortsetzen und eine Masse von Sediment in dasselbe führen, wie jetzt, und Pflanzen und Thierreste begraben. Wenn die für die Verdunstung des Wassers nöthige Ausgleichung das Niveau des Mittelländischen Meeres hinreichend (450 Fuss) erniedrigt hätte, so würden durch eine Barre, die zwischen Sicilien und der Küste von Afrika durchgeht, zwei Becken entstehen, und die Mündung der Dardanellen würde festes Land bieten, wenn das Sinken bis zu 222 Fuss stattgefunden hätte, so dass entweder der Ausfluss des Wassers über ein felsiges Flussbett geschähe, oder die Entfernung von Masse in den Dardanellen und dem Bosporus würde eine freie

Digitized by Google

Verbindung mit dem Schwarzen Meere herbeiführen, welches zu einem solchen Grade erniedrigt wäre, dass die bedeutendsten Veränderungen an seinen Küsten hervorgebracht und sein Areal wesentlich verringert sein würde.

So würden durch die blosse Erhebung von Land über einen mässigen Flächenraum, der Spanien und das gegenüberliegende Afrika umfasst, sehr modificirende Wirkungen über einen weiten Raum von Land und Wasser die Folge sein. Ein Blick auf die Karten der Welt zeigt, wie leicht andere wichtige Modificationen grosser Flächenräume durch verhältnissmässig locale Landerhebungen stattfinden würden, wie z. B. durch das Abschliessen der Ostsee oder des Rothen Meeres, wobei die erstere wie jetzt einen Ausweg für die einströmenden Wasser fände, indem der Zufluss grösser ist als die Verdunstung, während das Gegentheil in dem letzteren stattfände, da es durch Küsten begrenzt ist, die so wenig Flusswasser liefern, so dass eine grössere Fläche wie das Todte Meer (mit einem Niveau von 1312 engl. Fuss unter dem des Mittelländischen) sich darbieten würde, indem alle seichten Theile des Rothen Meeres blossgelegt würden und solche Ausdehnung der Sandwehen stattfände, wie sie die neuen Verhältnisse erlauben.

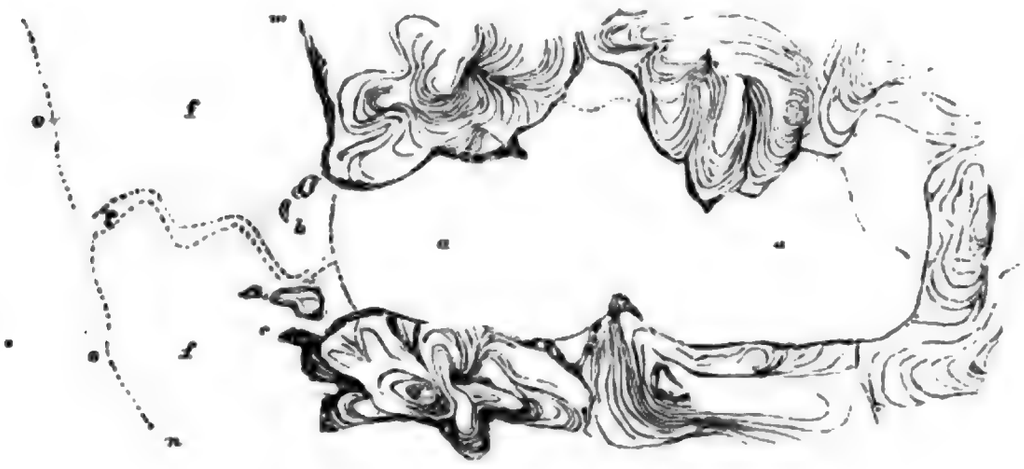
Es wird keine Schwierigkeit haben, solche Verhältnisse bis zu einer vollständigen Entfernung des Wassers zu verfolgen, so dass sich weite Strecken von Wüstensand bilden. Die erhaltenen Resultate sind die nothwendigen Folgen eines unzureichenden Zuflusses von Wasser zum Ersatz der Verdunstung, so dass, während sich in Centralasien die Reste von Gewässern finden, welche einst ein so grosses Areal in jenem Welttheile bedeckten, wie früher (Seite 72 und 102) erwähnt wurde, in der Sahara und den anderen grossen afrikanischen Wüsten ganze Strecken mit losem Seeboden überstreut sind, der von den Winden umhergetrieben wird.

Alle solche Oberflächenveränderungen mit den verschiedenen Modificationen durch die ungleiche Erhebung beträchtlicher Landesstrecken und die Umwandlung eines Wasserabzugs in einen anderen, wie sie so leicht durch verhältnissmässig geringe und ungleiche Erhebungen von Theilen des Festlandes hervorgebracht werden, müssen wohl beachtet werden, wenn man die Wahrscheinlichkeit der Existenz solchen Landes in einem besonderen Theile der Erdoberfläche in irgend einer gegebenen geologischen Zeit in Betracht zieht. Es ist offenbar, dass viele complicirte und gemischte Ablagerungen mit Resten von Organismen des Meeres, Süsswassers und Landes sich ohne die Versenkung eines grossen Flächenraumes von festem Lande unter das Wasser des Oceans bilden können, ein Punkt von keiner geringen Wichtigkeit, wenn man die gleichzeitige Verbreitung des pflanzlichen und thierischen Lebens in seiner Vermischung mit den Mineralablagerungen ihrer Zeit berücksichtigt.

Digitized by Google

Obgleich bei einer Erhebung des Landes ein grosser Theil des an dasselbe grenzenden seichten Meeresgrundes der zerstörenden Thätigkeit der Brandung preisgegeben wird, wie früher erwähnt wurde (S. 430), so wird dieselbe Bewegung auch viele Theile eines littoralen Meeresbodens bis zu einer Höhe bringen, die für die Erhaltung seiner Neigung nach dem Meere zu und für die Anhäufung von Sandhügeln über die neue Uferlinie am Lande am günstigsten ist. Eine andere Wirkung wird die Umwandlung von vielen Meeresarmen in Seen sein, indem sich die seichteren Tiefen an vielen Orten an den äusseren oder nach den Meeren zu gelegenen Theilen solcher Meeresarme im Lande finden, weil sie eine niedrige Barre zwischen dem Meere und den jetzt von ihnen getrennten mehr einwärtsliegenden tieferen Theilen bilden. In solchen Fällen wird der neu umschlossene Theil des Meeres allmälig durch den fortgesetzten Zufluss der Flüsse, die sich gewöhnlich an solchen Orten finden, weniger salzig werden, so dass endlich ein Süsswassersee, wie Loch Ness in Schottland, immer noch eine beträchtliche Tiefe haben könnte, indem sein überschüssiges Wasser seinen Weg ins Meer findet. Um dies zu erläutern, soll in dem folgenden Grundriss, Fig. 188, *a a* einen Arm eines Meeres mit Ebbe und Fluth dar-

Fig. 188.



stellen, wie er sich in vielen Theilen der Welt findet, und *b* eine submarine Bank, die zum Theil durch die Hemmung gebildet ist, die die Wellen erleiden, indem sie nach dem Meere zu Sediment aufrühren, zum Theil durch den Drift in Folge vorherrschender Winde auf die früher besprochene Weise (S. 56, Fig. 50) und zum Theil auch durch eine Hemmung, die der Ausfluss der Ebbe erleidet, welche Sediment führt, das von den zuströmenden Flüssen *t t* bei Ueberschwemmungen herabgebracht wurde, wo es die allgemeine Küstenlinie erreichte. Untermeerische Barren dieser Art sind keineswegs ungewöhnlich. Bei der Erhebung einer solchen Küste, wodurch ihre frühere Linie *m m* nach *n n* zu liegen kommt, ein niedriges Stück Land *f f*, von einer Breite, welche von seiner Seichtigkeit unter dem früheren relativen Meeresni-

Digitized by Google

veau und seiner Neigung im Allgemeinen abhängt, könnte es sich zu einer beträchtlichen Entfernung nach Aussen ausdehnen, indem das überschüssige Wasser seinen Weg als ein Fluss *r* in der neuen Niederung nach dem Meere *o o* findet. Seen an den Ausläufern von bergigen Districten, die von Niederungen an ihrem Ausfluss begrenzt sind, und wo diese bis zu dem benachbarten Meere sich fortsetzen, scheinen oft auf diese Weise gebildet worden zu sein. Auf gleiche Weise würden zahlreiche Flüsse von beträchtlicher Grösse ihre unteren Theile in Seen verwandeln, wenn ihre jetzigen Barren mit einem Theile eines benachbarten seichten Meeresbodens erhoben würden, so dass der Fluss sich einen neuen Canal zwischen der alten Barre und der neuen Küstenlinie bildet, wo bei ähnlichen Verhältnissen eine neue Barre entstehen würde, und die Ausbreitung des Wassers hinter der alten Barre könnte sich als eine Art von See fortsetzen, bis derselbe durch Detritus sich ausfüllt, wobei sein Wasser nach der Veränderung allmälig durch das Aufhören des täglichen Einflusses des Meeres bei der Fluth süss würde. Diese und andere Modificationen von Küsten durch eine Erhebung von Land im kleinen und grossen Maassstabe sieht man leicht durch einen Blick auf die Karten von verschiedenen Theilen der Welt, wo man finden wird, dass Seen häufig die Folge dieser Verhältnisse sind, besonders an bergigen Ufern, wo sich die Fortsetzungen von vielen Thälern unter dem Meeresniveau finden, und wo, an ihrem Ende nach dem Meere zu, der Boden etwas gehoben wird, und mehr einen Theil eines allgemeinen Abhangs in Verbindung mit dem benachbarten Meeresboden bildet, als mit dem nach innen fortgesetzten Meeresarm.

Die Bildung von Seen an den Ausläufern von bergigen Districten auf die zuletzt erwähnte Weise verlangt oft die Nothwendigkeit einer früheren Senkung eines Theils derselben Gegend unter das Meeresniveau, indem die Meeresarme blosse Fortsetzungen dieses Niveaus im gesenktem Lande sind. Wenn solche Senkungen stattfinden, und es unterliegt keinem Zweifel, dass sie oft stattgefunden haben, so wird die Ausfüllung der untergesenkten Theile solcher Thäler modificirt werden, je nachdem das Land in einem Meere mit oder ohne Ebbe und Fluth liegt. In dem einen Falle werden sich gewöhnlich Aestuarien und ihre Resultate finden, in dem anderen die blosse Entleerung des Detritus nach aussen, ziemlich nach Art der Seen, wobei die Art, in welcher das, Detritus in mechanischer Suspension führende Flusswasser über das Meerwasser an solchen Orten fliesst, gehörig in Anschlag gebracht wird.

Wir haben bei der Betrachtung der Strandanhäufungen der Beschaffenheit von Aestuarien, der Erhaltung von Fussspuren, der Korallenriffe und Inseln, der Vertheilung erratischer Blöcke und oberflächlicher Kiesablagerungen, der Knochenhöhlen und der Aufrichtung der untermeerischen Theile von Vulkanen, einige von den Wirkungen erwähnen

Digitized by Google

müssen, welche durch die Erhebung und Senkung des Landes über oder unter das Meer hervorgerufen werden, und selbst auf die wesentlichen Veränderungen angespielt, welche eine Senkung der Landenge von Panama und die Erhebung des Meeresbodens zwischen der Nordküste von Australien und der Malayischen Halbinsel zur Folge haben würde. Die so herbeigeführten Wirkungen müssen mehr oder weniger mit Beziehung auf die mineralischen und Versteinerungen führenden Ablagerungen aller geologischen Perioden betrachtet werden, auf welche die jetzt auf der Erdoberfläche vorgehenden Modificationen und Veränderungen anwendbar sind. Wie bei der Erhebung des festen Landes über das Meer, so muss auch bei seiner Senkung unter dasselbe die Steilheit oder die sanfte Neigung der bewegten Mineralmasse gehörig beachtet werden. Während sich in einer Berggegend bei der Senkung des Landes auf etwa 200 oder 300 Fuss das Meer bloss etwas mehr in das Land heranziehen mag, kann dieselbe Senkung in niedrigerem Lande ganze Districte bedecken und nur die Spitzen des höheren Landes als zerstreute Inseln in einem weiten Meere übrig lassen. Die in einer Gegend hervorgebrachten Wirkungen geben kein Maass für die in einer anderen. Die Veränderung könnte allerdings eine Gegend mit abwechselnden Höhen und Niederungen so betreffen, dass ein früherer Zustand der Dinge sich oft bis zu einem gewissen Grade wiederherstellt, indem die Berge Inseln oder Inselgruppen in einem Theile des Oceans bilden, und so, dass die Zerstörungen an ihren Seiten durch eine heftige Brandung von Neuem beginnen. Während in dem einen Falle der von Pflanzen und Thieren des Landes eingenommene Raum verhältnissmässig wenig beschränkt wird, werden in dem andern grosse Strecken verwüstet, und manche den Niederungen eigenthümliche Pflanzen oder Thiere könnten unter gewissen Verhältnissen ganz fortgeschwemmt werden.

Betrachten wir die Senkung eines grossen Flächenraumes von festem Land, das viel Seen enthält, wie Nordamerika, oder Wüsten, wie Afrika und Asien, oder eines solchen, das sich unter den gewöhnlichen Verhältnissen von Pflanzenwuchs und einem gleichzeitigen Thierleben in Uebereinstimmung mit dem letzteren befindet, so giebt es wenige geologische Veränderungen, die so wirksam sind, Ablagerungen, welche durch verschiedene organische Reste charakterisirt sind, in Contact zu bringen, als solche Senkungen. Selbst horizontale oder fast horizontale Ablagerungen können so aufeinander gelagert werden nach dem Verlauf von beträchtlichen Zwischenräumen geologischer Zeit, wenn ein Meeresgrund lange Zeit horizontal über dem Wasser erhoben war, bis eine Veränderung in dem relativen Niveau von Meer und Land in jenem Flächenraum die Verhältnisse für seine Submersion und spätere Bedeckung durch neue Ablagerungen hervorbringt. Unter solchen Umständen erheischt es einige Vorsicht von Seiten des Beobachters, damit er nicht

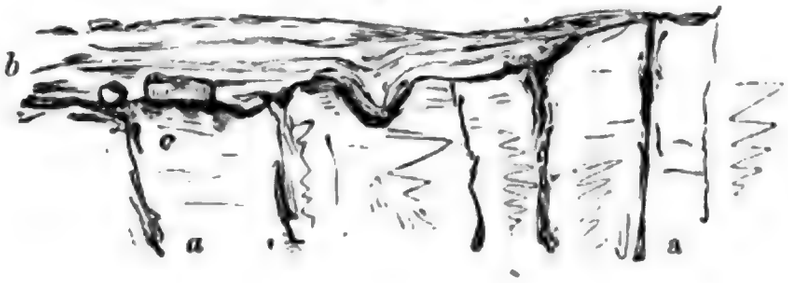
Digitized by Google

glaubt, die beiden Arten von Meeresboden seien ruhig auf einander unter dem Meere gefolgt. Wenn irgend eine niedere Gegend in Bezug auf die Wirkungen betrachtet wird, welche während ihrer ruhigen Senkung hervorgebracht werden können, wie z. B. wo weite Strecken von Sandhügeln einen solchen District begrenzen, so ist es klar, dass diese letzteren bald vor der Thätigkeit des Meeres verschwinden und sich leicht über die Niederungen im Lande bei ihrer Senkung verbreiten würden. Als das Land sich senkte, wirkte das Meer auf seine Oberfläche, die lockeren und leichteren Theile wurden aufgenommen und entfernt, die grösseren und härteren Theile oft gleichsam von den feineren und leichteren geschieden und gelegentlich durch neuen Detritus nicht weit von ihren ersten Ablagerungsplätzen eingehüllt. Wenn ein Geologe die Zersetzung der Oberflächen von altem und erhobenen Meeres- und Seegrunde betrachtet, welche Bodenarten bilden, und die häufige Zerstreuung ihres organischen Inhalts entweder in diesem Boden oder den untenliegenden zersetzten Gesteinen, so wird er wahrnehmen, dass unter günstigen Verhältnissen diese Reste bisweilen mit geringer Verletzung bewahrt und mit denen von Thieren gemischt werden können, die über die alte Landoberfläche durch die neue Senkung unter das Meer abgelagert wurden. Der untere Theil der neuen Ablagerungen und die obere Fläche der alten können sich auf diese Weise mischen und ohne die nöthige Sorgfalt zur Annahme führen, dass diese beiden durch einen Uebergang der in dem einen gefundenen organischen Reste in die anderen bezeichnet wären. Dies ist keine unnöthige Vorsicht, wie der Beobachter beim Studium der während der Senkung von irgend einem alten Lande hervorgerufenen Wirkungen bald bemerken wird. Einige gute Beispiele von verwitterten Versteinerungen des Kohlenkalks, die bisweilen selbst vollständig losgelöst sind, sieht man in den dolomitischen Ablagerungen (Zechstein) in Sommersetshire, Gloucestershire und Glamorganshire, und diese könnten leicht ohne die gehörige Sorgfalt für organische Reste der späteren geologischen Zeit angesehen werden. Es ist dies so, als wenn nach der Wegnahme des Rasens oder Bodens, welcher den Kohlenkalk eines Districtes bedeckte, und der ruhigen Entfernung der Humusdecke eine Ablagerung von dolomitischer Masse aus einer Lösung zwischen die Versteinerungen und Bruchstücke des älteren Gesteins erfolgt wäre. Wie sich Ablagerungen dieser Art in die Ungleichheiten unter ihnen einlagern, sieht man sehr gut in dem genannten District und wird durch den folgenden Durchschnitt (Fig. 189) in Pen Park nördlich von Bristol erläutert, wo der Dolomit *b* auf den Köpfen der aufgerichteten Schichten des Kohlenkalks *a a* ruht, in dessen oberflächliche Ungleichheiten und Zwischenräume er eintritt und Blöcke desselben Gesteins *c* bedeckt, welche auf der Oberfläche vor der Ablagerung des jüngeren Gesteins ruhten. An solchen Orten konnten verwitterte und Versteinerungen einschliessende Stücke des unterliegenden Gesteins

Digitized by Google

bisweilen in die späteren Ablagerungen eindringen, oder sich mit ihnen vereinigen, und bezeichnen bisweilen einen Zustand grosser Ruhe, als

Fig. 189.



wenn eine Ablagerung sich auf einer alten Landoberfläche gebildet hätte, welche an günstigen Orten keiner bedeutenden Brandung ausgesetzt war, die die Stücke abrundete und die alten verwitterten Oberflächen des Gesteins zerstörte.

Dass eine Mischung der organischen Reste früher geologischer Zeiten mit denen von Mollusken und anderen Meeresthieren, deren Arten jetzt in den angrenzenden Meeren existiren, in diesem Augenblicke stattfindet, lehrt ein Gang an mancher Küste, wo besonders Muscheln aus dem Sand und Thon der Klippen ausgewaschen und mit den jetzt ans Ufer geworfenen vermischt werden. Wir dürfen deshalb erwarten, dass, wenn während einer Senkung von festem Land die lockeren Oberflächen des Bodens mit organischen Resten einer ähnlichen Thätigkeit ausgesetzt wurden, die Resultate dieselben blieben, mit dem Unterschiede, dass, während an einer ausgesetzten Küste die alten und modernen organischen Reste oft ganz zu einer einzigen Masse in einem sich senkenden Land geworden sind, sich häufig geschütztere Localitäten darbieten, wo die alten organischen Reste ruhiger aus der sie umgebenden lockeren erdigen Masse getrennt und mit den Ueberresten von Thieren gemischt werden, die ihrer Lebensweise nach gleichmässig ruhige Stellen vorziehen.

Um vollständig die verschiedenen geologischen Wirkungen zu begreifen, welche aus der Senkung von verschieden gelegenem festen Land hervorgehen, ist es nicht uninteressant, die zu betrachten, welche auf eine abermalige Bedeckung mit Meer von den vielen tausend Quadratmeilen Landes folgen würden, die jetzt von der grossen Wüste oder Wüsten des nördlichen Afrikas, der Sahara und anderen, eingenommen sind. Nach Beobachtungen über die Höhen verschiedener Theile dieser Wüsten würde eine Senkung, wie sie für Grossbritannien während der dem jetzigen Zustande dieser Fläche vorangehenden kalten Periode wahrscheinlich gemacht wurde, nämlich von 1200 bis 1500 Fuss, wenigstens einen grossen Theil derselben unter das Meer bringen.

Wie das Meer sich landeinwärts bewegte, je nach dem Niveau, wie

Digitized by Google

dasselbe sich auch mit Bezug auf die Abweichung des sinkenden Landes von der horizontalen Lage darstellen würde, würde die Scheidung der härteren und gröberen Theile von den leichteren und weicheren stattfinden, und es könnten dergestalt die Reste von Menschen, Kameelen und den gewöhnlichen Thieren der Wüste, und hier und da mit den Producten der Oasen sich mit denen von Meeresthieren mischen, welche das Meer beim Vorrücken über das Land mit sich bringt. Sollten sich noch organische Reste in dem Sand der Wüsten vorfinden, die begraben wurden, als das Ganze früher unter Wasser war, so könnten auch diese mit den thierischen Resten des neuen Meeresbodens sich mischen.

Wenn wir eine Submersion von Land betrachten, das von vielen und vielleicht grossen Seen eingenommen wird, wie die in Nordamerika, so muss der grössere Grad der Senkung in einem Theil des gesammten Areals, wie in einem anderen berücksichtigt werden, wie auch die späteren verschiedenen Bedingungen, unter welche diese Massen süssen Wassers kommen können. Während der Fortschritt der Senkung in einigen Fällen ein solcher sein kann, dass das ausfliessende Wasser allmälig in seinem Lauf verkürzt wird, bis die Zeit kommt, wo das Meer in die Seen eintritt, und eine bloss oberflächliche Bedeckung des Süsswasserbeckens stattfindet, könnte die ungleiche Erhebung des Landes in anderen Fällen so stattgefunden haben, dass das Meer einträte und einen in einer Richtung tieferen Theil des Seebeckens bedeckte, als in einer anderen. Nimmt man an, dass die gewöhnliche Art der Verbreitung von Sediment durch eine Verbindung der Wellenthätigkeit unter dem Meere bei geeigneten Tiefen und der Thätigkeit der Brandung auf die Ufer zugleich mit den Wirkungen der Fluth und Ebbe in Fluthmeeren stattfindet, so können die Ablagerungen sich so weit unter diesen Verhältnissen unterscheiden, dass, während in beiden Fällen das thierische Leben sich allmälig dem Meere anpasst, der grössere Theil, wenn nicht das Ganze, der früheren Ablagerungen in dem bloss oberflächlich überflossenen See erhalten und von Brackwasser und endlich durch die Meeresablagerungen bedeckt wird. Die ungleich gehobenen Seeufer könnten einen Theil der älteren Ablagerungen so der Wirkung der Brandung aussetzen, dass sie theilweise entfernt würden, wobei die Mineralmassen und ihr organischer Inhalt ebenfalls zum Theil mit den neuen Anhäufungen eine neue Anordnung erhalten. Wenn während einer Senkung eines Theils von Nordamerika unter das Meer diese so stattfände, dass der Erie- und Ontariosee schneller als der Huron-, Michigan- und Obersee sich senkten, und das Meer endlich das Ganze bedeckte, so würde die relative Lage der Seen zu der Richtung der grössten Senkung sehr auf die Resultate einwirken. Der Erie- und Ontariosee würden ihre Breite der Bewegung darbieten, während der Michigan- und Huronsee in ihrer Längenrichtung betroffen werden, der Obersee aber

Digitized by Google

eine mehr complicirte Gestalt darböte. Bei einer solchen Bewegung würde der Eintritt des Meeres nothwendig von der verschiedenen, ihm zu einer Zeit entgegenstehenden Oberflächen und Höhen abhängen; aber es kann leicht stattfinden, dass, während der Ontario- und Eriesee unter dem Meere wären und der Huronsee Brackwasser enthielte, der Obersee als süsses Wasser fortdauerte, und die gleichzeitigen Ablagerungen in jedem könnten die Reste von Thieren enthalten, die fähig wären, in den verschiedenen Arten von Wasser zu leben, indem solche von den ursprünglichen Süsswassergeschöpfen in dem Brackwasser blieben, welche sich daran gewöhnen konnten, gemischt mit den Meeresthieren, welche unter denselben Verhältnissen leben konnten, während die in alle Ablagerungen getriebene Landvegetation von derselben Art ist.

Während die Reste von eingeschwemmten Landpflanzen keine sehr bestimmte Nachweisung in Bezug auf das vom festen Lande eingenommene Areal geben, von dem sie herrühren, da sie aus beträchtlichen Entfernungen (S. 129) je nach den Strömungen bestimmter geologischer Zeiten hergeschwemmt sein können *), so werden diese Reste wichtig, wo sie entweder an den Stellen ihres Wachsthums vorkommen, oder so, dass wir schliessen können, sie seien nicht weit davon entfernt. Diese mit Schiefern, Sandsteinen und Conglomeraten geschichteten pflanzlichen Stoffe, die in einem bestimmten Theile der geologischen Formationen von Europa und Amerika vorkommen, und die man mit dem Namen der Steinkohlenformation bezeichnet, und das für den Fortschritt der Civilisation so wichtige Brennmaterial liefern, geben dem Beobachter die Mittel an die Hand, auf die Existenz von Land in bestimmten Theilen der nördlichen Hemisphäre in jener Zeit Schlüsse zu machen.

Wenn man die Kohlenschichten sorgfältig untersucht, so findet man sie auf Schichten unmittelbar darunter ruhen, in welchen die Wurzeln gewisser Pflanzen sich auf eine Weise ausbreiten, aus der hervorgeht, dass sie wirklich an den Stellen sich befinden, wo sie wuchsen. Man betrachtete diese Wurzeln erst als besondere Pflanzen, *Stigmarien*, aber jetzt scheint es nach den Untersuchungen von Binney und Anderen ausgemacht, dass sie zu anderen Pflanzen, den *Sigillarien*, vielleicht auch noch zu anderen Gattungen gehören. Mit dieser Vermehrung unserer Kenntnisse finden wir, dass grosse Schichten von vegetabilischer Masse auf Schlamm oder Schlich ruhen, in welchen die Menge von sandigen Bestandtheilen beträchtlich an verschiedenen Orten wechselt, selbst in der Fortsetzung

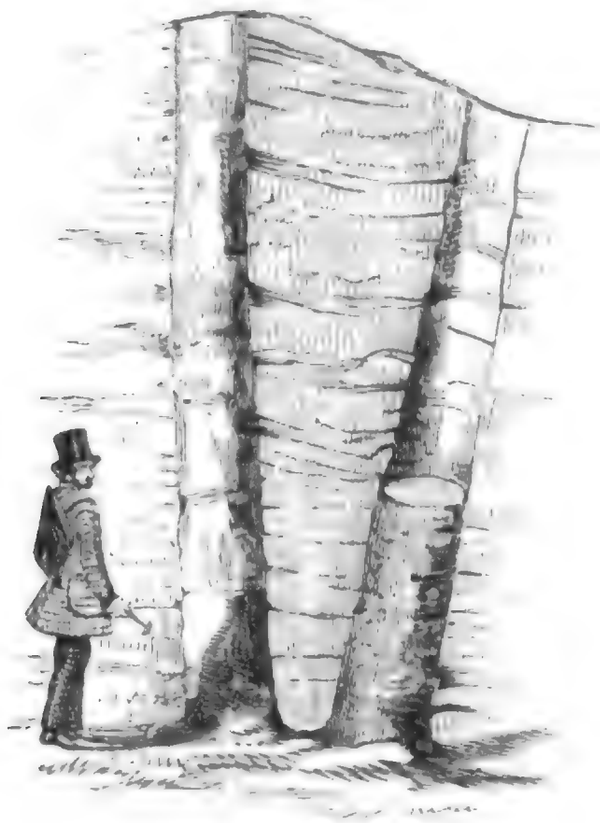
*) Der Golfstrom liefert ein Beispiel einer Wassermasse, die die Pflanzenproducte der Tropen nach den gemässigten Gegenden des Nordens durch einen Ocean hinüberführt.

Digitized by Google

derselben Schicht, und dass sich die Wurzeln wenigstens von einigen Pflanzen jener Zeit und jenes Ortes in diesem Schlamm, als einem für sie passenden Boden, verbreiteten.

Bei weiterer Untersuchung hat man gefunden, dass Wurzeln dieser Art mit Stämmen, die noch vertikal oder fast vertikal auf den Schichten des Schieferthones oder Sandsteines standen, in denen sie eingeschlossen waren, und die früher Schlamm, Schlich oder Sand waren, verbunden sind. Obgleich man selten den wirklichen Zusammenhang mit den Wurzeln sieht, so sind die Beispiele von vertikalen, augenscheinlich am Orte ihres Wachsthums befindlichen Stämmen sehr gewöhnlich, so dass, wenn der Detritus von manchen Theilen der Kohlenformation von England entfernt werden würde, ausgedehnte Flächen mit Baumstümpfen in solcher Stellung bedeckt gefunden würden. Diese Stümpfe sind in den gewöhnlichen Sedimentschichten an manchen Orten so häufig, dass sie in den Kohlenminen gefährlich werden können, da sie bloss durch die kohlige Masse aufrecht erhalten werden, welche den frühéren äusseren Theil der Pflanzen darstellt, so dass, wenn diese sie nicht halten kann, sie den Bergleuten auf den Kopf stürzen. Die folgende Skizze (Fig. 190) von Cwm Llech, nahe am Ende des Thales von Swansea in Glamorganshire, dient zur Erläuterung der Art, auf welche sich diese Pflanzen bisweilen in Steinbrüchen oder natürlichen Klippen darstellen, und sich in die Schichten erheben, welche sie an dem Ort ihres Wachsthums einhüllten. Der grösste von diesen Stämmen hatte $5^1/_2$ Fuss im Umfang. Sie bildeten bloss einen Theil einer Oberfläche, die mehr oder weniger von Stämmen dieser Art bedeckt ist, wie man andere in ähnlicher Stellung in derselben Gesteinschicht höher hinauf in demselben Thale findet. Beim Aufgraben eines Schieferthones unter dem Sandsteine, in welchem diese Pflanzen (*Sigillariae*) standen, fand sich eine Masse von Farrenwedeln und Stücken von anderen Pflanzen, die man gewöhnlich in diesen Ablagerungen sieht, auf dieselbe Weise verbrei-

Fig. 190.

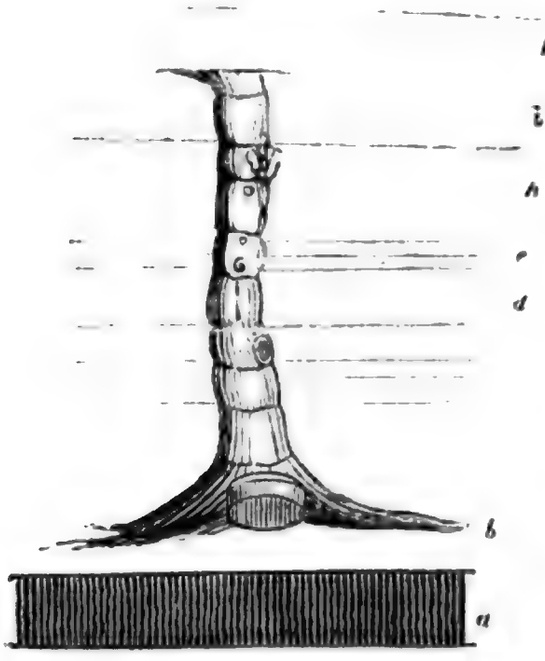


Digitized by Google

tet, wie Blätter und andere Pflanzentheile um Baumstämme an schlammigen Plätzen in der heutigen Zeit verbreitet sein können.

Bisweilen gehen die senkrechten Stämme der Pflanzen durch verschiedene Arten von Schichten hindurch, deren Bestandtheile um sie angehäuft wurden, so lange die vegetabilische Masse noch zusammenhielt. Die folgende Figur 191 ist ein Beispiel dieser Art, wie es in der Killingworth-Grube bei Newcastle vorkam. In diesem Durchschnitt stellt *a* das Hauptkohlenflötz des Districtes dar, *b* einen thonig bituminösen Schieferthon, *c* einen blauen Schieferthon, *d* einen Sandstein, *e* abwechselnde Schieferthone und Sandsteine, *h* weissen Sandstein, *i* glimmerhaltigen Sandstein und *k* Schieferthon. In solchen Fällen fanden verschiedene Aenderungen in der Art der Mineralsubstanzen statt, die zwischen die dort stehende Vegetation geführt und dort abgelagert wurden. Obgleich wir den Grad nicht kennen, bis zu welchem solche Pflanzen bedeckt wurden, ehe sie abstarben, so zeigt doch ein aufmerksames Studium der Art, wie der Schlamm, Schlich oder Sand um die Stämme angehäuft wurde, sehr oft, dass das Wasser, das den Detritus trug oder bewegte, sehr seicht war. Um die Stämme bei Cwm Llech, Fig. 190, waren die Schichten des Sandsteines so geordnet, dass sie durchaus die Vorstellung gewährten, als wären sie eine Sandanspülung um die Pflanzen in seichtem, von leichten Wellen bewegtem Wasser. Eine solche Anordnung sieht man häufig und auch gelegentlich bei sorgfältigem Blosslegen der Stämme eine Anlagerung der Schichten des ursprünglichen Sandes oder Schliches auf eine Weise, die auf eine leichte an ihnen vorbeigegangene Wasserströmung hindeutete. Wenn man dies findet, so kann man auf die Richtung, woher die Strömung kam, aus der Lagerung der Schichten schliessen, die den Platz der Wirbelbewegung hinter den Stämmen bezeichnen.

Fig. 191.

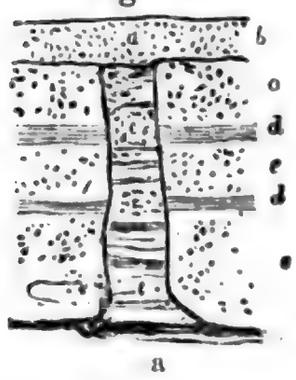


Aus der Art, auf welche diese vertikalen Stämme sich so häufig nach oben endigen, geht hervor, dass, während eine Zeit lang ihre unteren Theile dem Drucke sowohl des Wassers, in welchem sie standen, und des allmälig abgelagerten Detritus widerstanden, ihre Gipfel verwesten und entfernt wurden, so dass endlich Sedimentschichten sich ununterbrochen über die Orte verbreiteten, wo solche Pflanzen wuchsen. Die Art, auf welche so viele von diesen Stämmen mit Schlamm, Schlich,

Digitized by Google

Sand und den Resten von anderen Pflanzen erfüllt wurden, scheint zu beweisen, dass, ehe solche Schichten von zusammenhängendem Sediment sich über ihre Spitzen verbreiteten, dieselben hohl waren und gleichsam offene und senkrechte Röhren bildeten, in welchen beim Darüberhinfliessen von Wasser, welches Detritus und die Blätter und Stücke von Pflanzen trug, diese auf dieselbe Weise abgelagert wurden, wie Sediment und Pflanzenreste sich in den hohlen und abgefaulten oder zerbrochenen Bambusstengeln und anderen Pflanzen an Flussufern oder in Niederungen während und bei dem Fallen von Ueberschwemmungen anhäufen. Dass die inneren und äusseren Ablagerungen in und um die vertikalen Stämme nicht dieselben sind, indem verschiedene kleinere Schichten in denselben gefunden werden, die nicht denen inwendig entsprechen, sieht man häufig, wie in dem folgenden Durchschnitt Fig. 192, wo ein von einer Sandsteinschicht *b* bedeckter Stamm *a a* von anderen Sandsteinen *c c c* umgeben ist, die mit Schieferthon *d d* abwechseln und ihre Ablagerungslinien an dem Stamme abstossen, dessen einzige Reste gewöhnlich von Kohle von einem halben bis zwei Zoll Dicke, je nach der Stärke der Pflanze, gebildet werden, in deren Innenseite andere Schichten *e e* von Schieferthon und Sandstein mit oder ohne Blätter von Farren oder anderen Pflanzen auf eine Weise abgelagert sind, aus der hervorgeht, dass sie unabhängig von denen an der Aussenseite angehäuft wurden.

Fig. 192.



Zerstreut zwischen denselben Ablagerungen zeigen oft liegende Stämme, bisweilen von 30 Fuss Länge und verhältnissmässiger Breite, welche zu denselben und ähnlichen Gattungen und häufig selbst Arten, wie die senkrechten, gehören, dass sie keinen stürmischen Wassertransport ausgehalten haben, da sie wenig, ja kaum verletzt sind. Da sie bisweilen zwischen den Baumstümpfen vorkommen und diese offenbar in der Lage sind, in welcher sie wuchsen, so gleichen sie in der That weit mehr den liegenden Bäumen, die man zwischen den Wurzelstümpfen in den submarinen oder versunkenen Wäldern findet. In einigen Kohlenminen sieht man gleichsam unter einer solchen Anhäufung von Pflanzen in schlammigem Boden die Enden der aufrechten Stümpfe gleich eben so vielen unregelmässigen Ringen über seinem Kopfe, dazwischen die langen liegenden Stämme und eine Menge von Farren von verschiedenen Arten, Lepidodendren und anderen Pflanzen, und das Ganze bietet den Anblick eines Pflanzenwuchses in weichem oder nassem Boden, wenn nicht seichtem Wasser dar, wobei Schlamm verschiedentlich damit gemischt ist. Oft scheinen die Pflanzen zum Theil an demselben Orte gewachsen, zum Theil von einem angrenzenden Orte, bisweilen von entfernteren Plätzen dorthin getrieben worden zu sein.

Digitized by Google

Während die Arbeiten in Kohlenminen zeigen, dass in Flächenräumen von bedeutender Grösse viele vertikalen Stämme auf einer bestimmten geologischen Ebene ruhig von Sediment bedeckt, also ein Wald dieser Art gleichzeitig begraben wurde, so findet sich bisweilen der Beweis, dass ähnliche Bedingungen mehr als einmal über demselben Flächenraume ähnliche Resultate zur Folge gehabt haben. Obgleich es in manchen Kohlendistricten wohl bekannt ist, dass vertikale Pflanzenstämme in mehr als einem geologischen Niveau gefunden werden, so scheint doch unter den hierüber bekannt gewordenen Thatsachen das Vorkommen von einer Reihe von vertikalen Stämmen über anderen bis jetzt in keinem künstlichen oder natürlichen Durchschnitt sich schöner zu zeigen, als in dem Kohlendistrict von Neuschottland und Cap Breton, wo mehrere von diesen Vegetationsebenen, auf denen die Pflanzenstämme noch an dem Orte ihres Wachsthums stehen, sich über einander zeigen. Lyell beschreibt zehn Wälder dieser Art, die über einander in den Klippen zwischen Minudie und den South-Joggins an der Fundy-Bai vorkommen. Die Dicke der Masse von Schichten, welche die aufrechten Stämme enthält, wird auf ungefähr 2000 Fuss geschätzt, und die gewöhnliche Höhe der Bäume ist von 6—8 Fuss, aber einen sah man von 25 Fuss Höhe und 4 Fuss im Durchmesser, mit einer beträchtlichen Verdickung an der Basis *). Alle diese Stämme schienen zu derselben Art zu gehören. Wir verdanken auch Mr. Logan eine sehr detaillirte Beschreibung dieser Kohlenflötze. In seiner Beschreibung des Sydneykohlenfeldes auf Cap Breton-Insel **) erwähnt Mr. Richard Brown viele aufrechte Stämme von Pflanzen in verschiedenen Schichten. Unter den Durchschnitten wird die nebenstehende Figur 193 von Nutzen sein, da sie dieses Vorkommen von vielen vertikalen Stämmen über einander zeigt ***). In demselben stellen *a* Sandsteine, *b* Schieferthone, *c* Kohle und *d* die gewöhnlich thonig-sandigen Schichten dar, in welchen die Wurzeln der

*) Lyell's *Travels in North America*, Vol. II., p. 179.

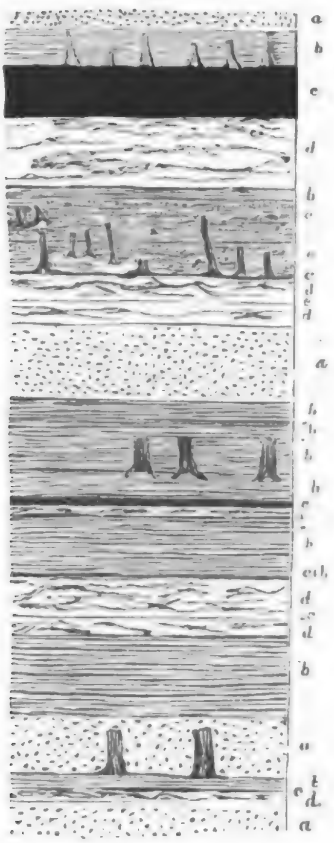
**) Brown „*Section of the Lower Coal Measures of the Sydney Coal Field, in the Island of Cape Breton*" (*Quarterly Journal of the Geological Society of London*, Vol. VI., p 115). Nach Erwähnung der Beschreibung der Kohlenflötze von Neuschottland von Lyell und Logan (*Section of the Nova Scotia Coal Measures at the Joggins*) schätzt Brown die Mächtigkeit der productiven Kohlenformation von Cap Breton auf mehr als 10000 Fuss. Der in dieser Mittheilung beschriebene Sydneytheil war nach Messung 1860 Fuss dick, die Schichten sind unter einem Winkel von 7° geneigt.

***) In diesem Durchschnitt sind die Schichten horizontal und in dem richtigen Maassstabe wiedergegeben, wobei die relative Dicke der Schichten der detaillirten Beschreibung von Richard Brown entnommen ist. (*Journal of the Geological Society*, Vol. VI., p. 120.)

Digitized by Google

Stigmarien an der Stelle ihres Wachsthums stehen. Die Gesammtmächtigkeit der Ablagerungen beläuft sich auf 92 Fuss und in ihnen kommen vier Ebenen von aufrechten Stämmen vor, von denen die zweite ein verschiedenes Niveau des Pflanzenwuchses zeigt, und sechs alte Bodenoberflächen, die von eben so vielen Flötzen oder Schichten von Kohle von sehr verschiedener Mächtigkeit bedeckt sind, von denen die beträchtlichste 6 Fuss und der letzte Streifen, der bloss aus kohliger Substanz besteht, einen halben Zoll dick ist.

Fig. 193.



Es ist offenbar, dass solche Anhäufungen von Schlamm, Schlich, Sand und bisweilen Grus, die mit Schichten von fossiler Vegetation gemischt sind, welche auf einem wahrscheinlich feuchten oder nassen Boden ruhten, in welchem die Wurzeln vieler Pflanzen leicht wuchsen, während vertikale Stämme vorkamen von bisweilen 15 oder 20 Fuss Höhe, und 2 bis 4 Fuss im Durchmesser, und sich selbst Ebenen dieser alten Wälder an einigen Orten über einander finden, sich allmälig senkten, so dass in Zwischenräumen der Boden der Atmosphäre hinreichend nahe oder ihr ausgesetzt war, und die in ihnen begrabenen Pflanzen die für ihr Wachsthum nöthigen Bedingungen fanden. Eine Mulde oder andere Einsenkung oder eine leicht geneigte Uferebene, die allmälig bis zu dem Niveau der Atmosphäre ausgefüllt wurden, gaben nur eine Vegetationsschicht, während man in einigen Kohlendistricten fünfzig und mehr solcher verschiedenen ehemaligen Oberflächen und Kohlenflötze gefunden hat. Eine Senkung des Bodens, auf welchem die Pflanzen wuchsen, so dass zuweilen der Schlamm, Schlich oder Sand der damaligen Zeit sich mit einer grösseren Geschwindigkeit anhäuften, als diese Senkung sie unter dem Niveau des Wassers hielt, oder während der es kleinere periodische Bewegungen gab, obgleich die Senkung des Landes im Ganzen beständig war, durch welche es, nachdem eine unter dem Wasser liegende Fläche bis an die Atmosphäre ausgefüllt worden war, Pausen gab, in denen die Pflanzen wuchsen, erklärt gleichfalls die beobachteten Thatsachen. Der Durchschnitt von 1860 Fuss, in welchem die aufrechten Stämme der Sydney-Schichten am Cap Breton vorkommen, zeigt, dass es mehr als 40 Perioden während der ganzen Senkung der Masse gab, in denen es eine Oberfläche gab, in welcher die Wurzeln (Stigmarien) der Pflanzen jener

Digitized by Google

Zeit und jenes Ortes, die für ihr Wachsthum nöthigen Bedingungen fanden, während die Bedingungen für die Anhäufung der vegetabilischen Masse über ihnen sich wesentlich änderten *).

Wenden wir uns zu den europäischen Steinkohlenablagerungen, so bieten sich uns ähnliche Verhältnisse dar. In dem Durchschnitt der Steinkohlenschichten von Bristol zwischen dem Avon und Cromhall Heath gab es nicht weniger als 50 Perioden, in denen eine pflanzentragende Decke vorhanden war, Stigmarien wurzelten und ein Wachsthum und eine Anhäufung von Pflanzen stattfand, die offenbar der Atmosphäre für ihre Existenz bedurften. Die Mächtigkeit dieser Formation ist ungefähr 5000 Fuss, und sie ruht auf einer hauptsächlich sandigen Ablagerung von 1200 Fuss Dicke. Das Kohlenfeld von Glamorganshire gewährt eine noch bedeutendere Ablagerung von Schlamm, Schlich, Sand und Grand mit Boden gemischt, in welchem die Wurzeln wenigstens von einigen Pflanzen jener Zeit sich ausbreiteten, und der häufig, wenn auch nicht immer, von Schichten oder Flötzen von Kohle bedeckt ist, deren Mächtigkeit nothwendig von der Dauer der Bedingungen abhängt, die für das Wachsthum und die Anhäufung der sie bildenden Pflanzen nöthig waren. Die Masse dieser verschiedenen Schichten in der Nachbarschaft von Swansea kann auf ungefähr 11000 Fuss geschätzt werden, so dass, wenn sie durch Senkung von sich aufeinander lagernden horizontalen Schichten angehäuft wurden, man den Schluss ziehen muss, dass in diesem Theil der Erdoberfläche und in dieser geologischen Zeit ein ziemlich ruhiges Niederfallen mineralischer Ablagerungen stattgefunden, die bisweilen im Stande waren, einen Pflanzenwuchs zu tragen, der den Contact mit der Atmosphäre erforderte, aber meistens unter Wasser war, und zwar auf eine Tiefe, durch welche

---

*) Brown giebt folgendes Detail dieses Durchschnittes:

	Fuss.	Zoll.
Sandige und thonige Schiefer	1127	3
Bituminöse Schiefer	26	5
Kohlige Schiefer	3	3
Sandstein	562	0
Conglomerat	0	8
Kalkstein	3	11
Kohle	37	0
Unterthon (pflanzentragende Decke) . . .	99	6
Summa	1860	0.

Daraus geht hervor, dass, während die Kalkmasse (Kalkstein) Grus (Conglomerat) und mit Schlamm gemischte organische Stoffe (bituminöser und kohliger Schieferthon) von geringer Bedeutung waren, die Masse aus Schlich und Sand (thonige und sandige Schiefer) und aus Sand (Sandstein) halb so dick als die vorhergehende bestand. Die reinere vegetalische Masse (Kohle) beträgt ungefähr $\frac{1}{50}$ und die pflanzentragende Decke (Unterthon) etwas weniger als $\frac{1}{18}$.

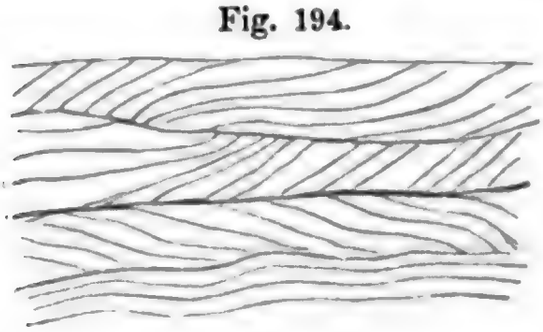
Digitized by Google

die zuerst gebildeten Ablagerungen beinahe eine halbe deutsche Meile aus ihrer ursprünglichen Lage erniedrigt wurden. Diese Dicke braucht nicht wirklich die der ganzen Masse zu sein, da die Schichten sich gegen einander gelagert haben können, wie es bisweilen in einzelnen Sandsteinen und Conglomeratschichten (Fig. 38, 57) stattfindet, ein Umstand, der ohne Zweifel bei Berechnungen über die Mächtigkeit von Schichten öfter in Betracht gezogen werden muss, als seither geschehen ist. Es mag indessen bemerkt werden, dass in diesen Kohlenablagerungen eine Vegetationsfläche von einer eigenthümlichen Art so häufig auf sehr weichem Boden basirt gewesen, und das Ganze so mit zusammenhängenden Schlammablagerungen vermischt war, dass die allgemeinen Durchschnitte oft auf eine grosse Mächtigkeit deuten, besonders wenn die Schichten nach ihrer Neigung nach unten sich mit ähnlichen Charakteren in beträchtlichen Entfernungen wieder erheben, obgleich ohne Zweifel die Ungleichheit in vielen Ablagerungen wohl zu beachten und der wahrscheinliche Werth der allgemeinen Zunahme der ganzen Dicke aus solchen Ursachen gehörig zu würdigen sind.

Obgleich der feine Schlamm jener Zeit, der jetzt die Schieferthone bildet, wenig Belehrung hinsichtlich der Tiefe oder Seichtigkeit des Wassers gewährt, in welchem er aus mechanischer Suspension abgesetzt wurde, so zeigen die Sandsteine der Kohlenformation sehr häufig, dass sie weit mehr das Resultat von Sand sind, der längs dem Boden durch fliessendes Wasser hingetrieben wurde, als dass derselbe mechanisch in ihm suspendirt war. In der That ist die Anhäufung des Sandes ziemlich eine solche, wie man sie bei einem Fortschieben des Bodendetritus in einer seichten Einsenkung erwarten könnte, wo die Verhältnisse so durch die Niveauschwankungen verändert wurden, dass der Sand einer höheren Lage und näher seiner Ursprungsquelle leicht in dieselbe transportirt wurde.

Durchschnitte, wie der folgende (Fig. 194), sind in der englischen Steinkohlenformation sehr gewöhnlich, ebenso in Nordamerika und im übrigen Europa, deren Formationen gleichzeitig sind. Durch sorgfältige Entfernung der oberen Flächen dieser Schichten sieht man das Uebergreifen der verschieden getriebenen Schichtchen, und bisweilen noch besser an offen gelegten Küsten. Die folgende Fig. 195 ist eine Skizze der oberen Fläche einer Sandsteinschicht, die an der Küste bei Nolton Haven in Pembrokeshire blossgelegt ist, und welche die verschiedenen Ränder des Sandes zeigt, als ihre Bildung fortschritt.

Fig. 194.

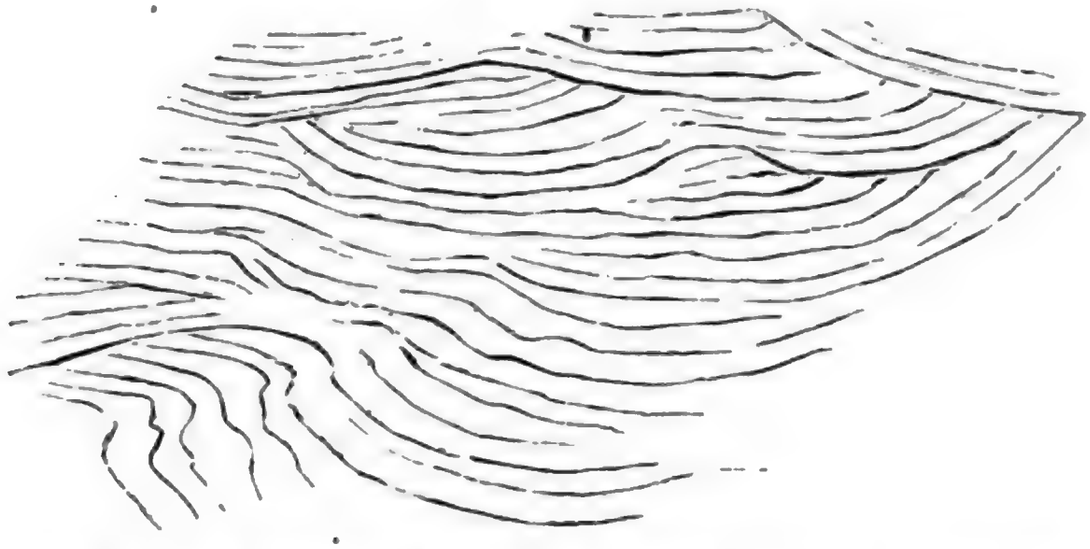


Hat der Beobachter sich von dem Wachsthum und der Ablagerung

Digitized by Google

von Landpflanzen und dem Wurzeln von wenigstens einigen von ihnen in dem Boden überzeugt, so muss er sorgfältig die Arten dieser und

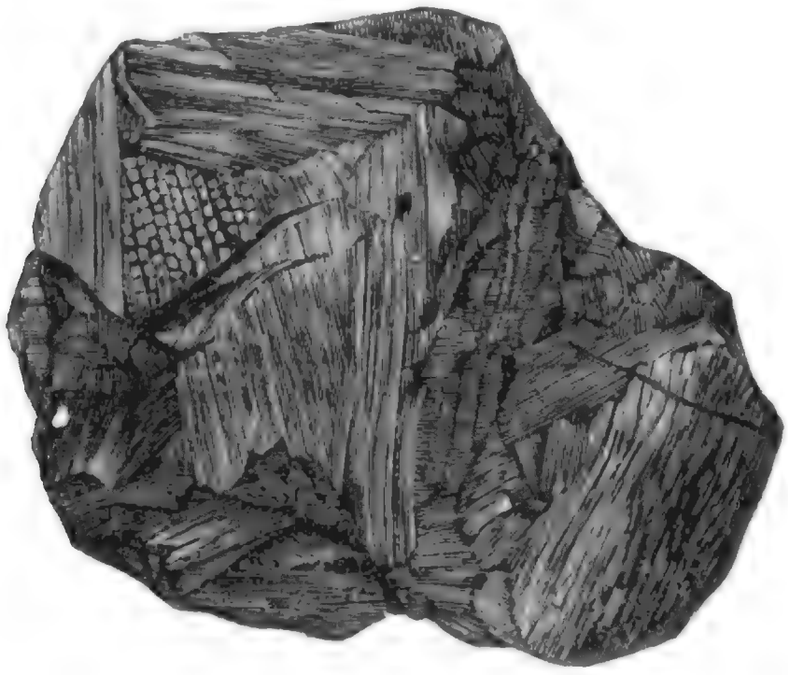
Fig. 195.



anderer in der allgemeinen Masse begrabenen Pflanzen untersuchen und sehen, ob keine anderen in den Schlamm oder Sand getrieben wurden, oder in die Kohle selbst eingeschlossen sind, die sich von den an der Stelle gewachsenen unterscheiden. Es ist hier noch viel zu thun; es scheint aber wahrscheinlich, dass, während manche Pflanzen in der Ebene vegetabilischer Massen wuchsen, die jetzt in Kohle verwandelt sind, andere, selbst Bäume, durch Flüsse herbeigeschwemmt wurden.

Man findet oft verfilzte Pflanzenmassen in den Sandsteinen, als wenn sie von einem Strome auf seiner Oberfläche hergeschwemmt worden, während er den Sand darunter fortdrängte, und Streifen von solchen Pflanzenresten sind oft bisweilen einige Klafter lang, und kommen zwischen Sandsteinen vor, deren Sand dergestalt angehäuft wurde. Die folgende Fig. 196 ist eine Skizze der oberen Fläche eines Thei-

Fig. 196.



Digitized by Google

les einer solchen Pflanzenanschwemmung in Pembrey in Caermarthenshire, in welcher zahlreiche Stämme von Sigillarien und Lepidodendren, hauptsächlich aber die ersteren, die jetzt in Kohle verwandelt sind, in allen Richtungen gekreuzt und verfilzt sind.

Diese Anschwemmungen von Pflanzen, die jetzt Streifen von Kohlenmassen in dem Sandsteine oder Schieferthone bilden, beweisen zur Genüge, dass zwar viele Kohlenschichten das Resultat eines eigenthümlichen Pflanzenwuchses an Ort und Stelle sein können, deren Wurzeln einen passenden Boden verlangten, und in welchen sie wurzelten, dass aber auch ausgedehnte und tiefe Anhäufungen von herbeigeschwemmten Pflanzen allein unter günstigen Umständen Kohlenschichten bilden können, so dass der Geognost bei der Untersuchung von Kohlenschichten sorgfältig alle Umstände abwägen muss, ehe er über die Entstehungsweise entscheidet. Die beiden Arten von Ablagerungen sind keineswegs unverträglich mit einander. Sie können im Gegentheil oft vermischt vorkommen; indem bisweilen die Umstände mehr oder ganz der einen Bildungsweise günstig waren. Zugleich mag bemerkt werden, dass durch sorgfältige Untersuchungen die Annahme eines Wachsens der Steinkohle bildenden Pflanzen an Ort und Stelle an Wahrscheinlichkeit gewonnen hat, da man immer unter den meisten Kohlenschichten den Humus als sogenannten Untergrund gefunden hat (*underclay*, *bottomstone* und *undercliff*), in welchem Wurzeln (Stigmarien) stehen.

Bei der Untersuchung von ausgedehnten Steinkohlendistricten stellt es sich sehr bald heraus, dass, während gewisse Kohlenschichten auf weite Strecken zu Tage kommen, und unter der Oberfläche gefunden werden, andere mehr local sind, gleichsam einzelne Stellen von vegetabilischer Masse, die weit dauernder über grössere Flächenräume sind. Auf ähnliche Weise bieten manche frühere, zu derselben Zeit angehäufte Schlamm- oder Sandablagerungen einen gemeinsameren Charakter dar, und sind verbreiteter als andere; und besonders ist der Schlamm am beständigsten, da seine Bestandtheile gewöhnlich in einem feinen Zustande mechanischer Suspension im Wasser verbreitet waren. Nimmt man die Hauptkohlenschichten zu Führern, und erwägt gehörig die Art und den Grad der Verbreitung des ihnen vergesellschafteten alten Schlammes, Schlichs, Sandes oder Grandes, und reducirt den Durchschnitt auf eine Ebene, so dass alle Schwierigkeiten durch gebogene oder einfach aufgerichtete Schichten mit den Zerreissungen und Verwerfungen, die die ganze Ablagerung erlitten haben kann, entfernt werden, so sieht man, wie weit diese Sedimentschichten sich auf eine Weise ausbreiten, welche eine ebene oder fast ebene Oberfläche über einen weiten Raum verlangt. Zu diesem Zwecke muss der Beobachter bloss locale Verschiedenheiten ausser Acht lassen und auf die Thatsachen im Ganzen blicken. So kann es nöthig sein, dass sämmtliche Kohlendistricte von Grossbritannien und Irland, mögen sie nun als locale Ablagerungen vorhanden

Digitized by Google

sein, die auf älteren Gesteinen ruhen, oder einfach durch Abschwemmung entblösst sein, welche eine Decke von späteren Ablagerungen entfernte, als ein Ganzes und mit Bezug auf irgend ein Festland betrachtet werden müssen, von dem sie einen Theil ausmachten, und von dem der nöthige Zufluss von Schlamm und Sand oder Grand herrührte, welche die sie begleitenden Schichten von Schieferthon, thonigem und sandigem Sandstein und Conglomerat bildete.

Die Schichten von Pflanzenmassen, welche jetzt die Kohlenschichten bilden, zeigen zuweilen Spuren der Thätigkeit des Wassers auf ihrer Oberfläche, und erinnern uns sehr an die Erosion, welche man auf ausgedehnten Torfflächen sieht, wo Canäle durch Abzugs- und fliessendes Wasser eingeschnitten sind. Bisweilen ist Sand über solche Schichten von vegetabilischer Masse getrieben worden, ehe sie fest wurden, wie in dem folgenden Durchschnitte (Fig. 197), wo *d* eine Kohlenschicht ist, die auf einem alten Boden *e* ruht, welcher voll von Wurzeln (Stigmarien) ist, und *c* Schlamm (Schieferthon), welcher zuerst die vegetabilische Masse (Kohle) bedeckte, welche aber später durch das den Sand (Sandstein) führende Wasser eingeschnitten wurde, eine Ablagerung, die später von Schlamm (Schieferthon) *a* bedeckt wurde. Auf diese Weise kann mancher Theil der einst auf der Kohle ruhenden Schichten fortgeschwemmt worden sein, und ebenso Theile von den Kohlenschichten selbst. Der Dean Forest bietet ein treffliches Beispiel von Canälen dar, die in die vegetabilische Masse der dortigen Kohlenflötze eingeschnitten sind. Der Hauptcanal in dem beigefügten Grundrisse *ab* (Fig. 198) ist den Berg-

Fig. 197.

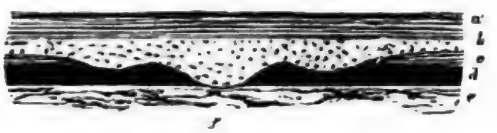
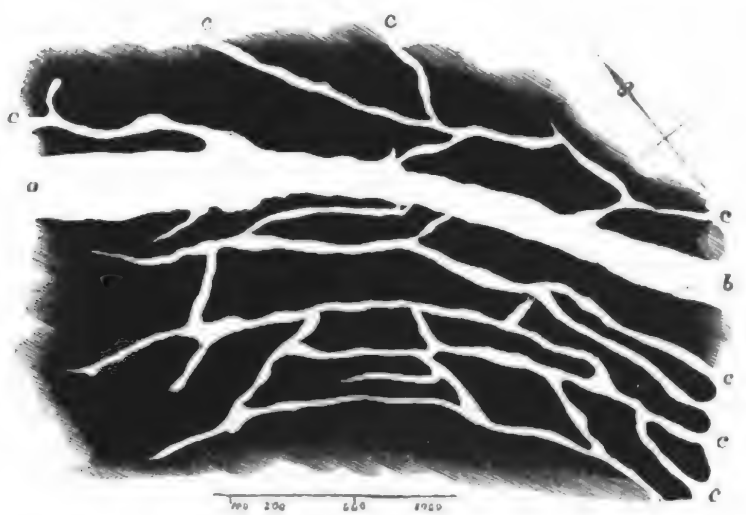


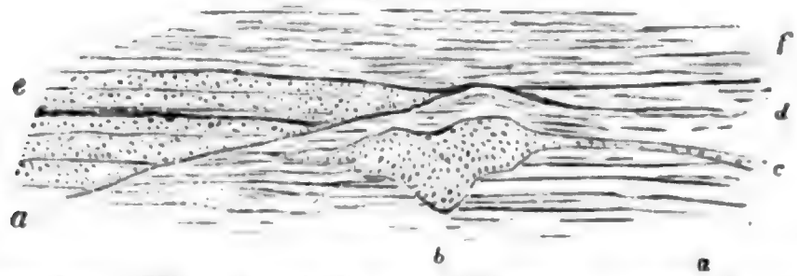
Fig. 198.



leuten des Districts seit Langem unter dem Namen „Horse“ bekannt. Buddle untersuchte genau alle Umstände des „Horse“ und seiner Seitencanäle *ccc*, die unter dem Namen „Lows“ bekannt sind, und es geht daraus hervor, dass, als die Vegetation in einem leicht entfernbaren Zustande war, wie die von manchen Torfgründen, das Abzugswasser einen Haupt- und mehrere Seitencanäle eingeschnitten hatte, in welche eine spätere Ablagerung von Sand getrieben wurde, welche die ganze Oberfläche bedeckte, wie eine Sandablagerung jetzt thun könnte, wenn ein ausgedehnter Torfgrund sich senkte.

Zum Beweis, dass die ungleiche Thätigkeit des Wassers nicht auf die Oberflächen der Schichten von vegetabilischer Masse beschränkt war, ist es nöthig, zu bemerken, dass häufig eine sorgfältige Untersuchung zeigt, dass dieses auch mit anderen Theilen der Kohlenformation der Fall war. Der folgende Durchschnitt (Fig. 199), den man an einer aus diesen Gesteinen bestehenden Klippe zwischen Little Haven und Gouldtrop Road in Pembrokeshire findet, dient zur Erläuterung

Fig. 199.



dieses Umstandes. Hier scheint eine Ablagerung von Schlamm (Schieferthon) *a a* durch eine Furche bei *b* eingeschnitten worden zu sein, die sich bis *c* erstreckt, wobei das Wasser, welches sie verursachte, Sand mit sich brachte, und Schlamm wieder über den Sand bei *b* angehäuft wurde. Eine Abschwemmung der Oberfläche scheint jetzt stattgefunden zu haben, und an der Seite *e* wurde Sand aus mechanischer Suspension, dessen einzelne Lagen ganz flach und nicht von einem diagonalen Drift bezeichnet sind, in eine in dieser Richtung gebildete Höhlung niedergeworfen, durch welche die frühere Schlammablagerung *a a* weggeführt wurde. Die mit der localen Ablagerungsweise zusammenhängenden Umstände änderten sich dann, und Schlamm *f f* wurde wiederum über die Oberfläche der ersten Ablagerung, ihre Modificationen und die Ablagerungen, die auf diese Modificationen folgten, ausgebreitet.

Bei der Erwähnung der verschiedenen Veränderungen durch die Entfernung und Ablagerung der Mineralstoffe der Kohlen führenden Schichten werden wir auch oft finden, wie die Kohlenflötze ein Maass für die Zeit abgeben, in der sie sich gebildet haben. Die verschiedenen Generationen von Pflanzen auf verschiedenem Boden und die Dicke der Masse überhaupt können allerdings als Beweise für einen langen Zeitverlauf dienen, obgleich die Geschwindigkeit des Wachsthums solcher

Digitized by Google

Pflanzen, wie man sie in diesen Schichten begraben findet, oft sehr beträchtlich gewesen sein mag; die Sand- und Schlammablagerungen können auch ziemlich rasch stattgefunden haben, und auch der pflanzentragende Boden kann durch eine rasche Art der Ablagerung schnell gebildet worden sein. Wenn indessen Gerölle und kleine Körner der Kohle selbst in den Sanddriften und Ablagerungen der Periode gefunden werden, so rücken wir etwas weiter in dem Beweise für einen beträchtlichen Zeitverlauf. Wir kennen allerdings nicht die Zeit, welche erforderlich war, eine Vegetation dieser Art und Periode in Kohle zu verwandeln, so dass zum Theil zerstörte Schichten davon zum Aufbau eines Theils der höheren Ablagerungen der ganzen Masse verwandt werden können. Dies kann allerdings ziemlich schwer zu bestimmen sein. Indessen scheint es, wenn man die Sache im Allgemeinen und mit gehöriger Rücksicht auf die Thätigkeit von fliessendem Wasser auf Land, oder die Wirkung der Brandung auf die Ufer betrachtet, die ebenfalls nöthig ist, dass gewiss kein geringer Zeitraum für die Veränderungen in der vegetabilischen Masse, ihre theilweise Entfernung und ihre Wiederablagerung erforderlich ist. Es findet sich bisweilen in gewissen Kohlendistricten, dass auch die Eisensteine von früher gebildeten Schichten aufgebrochen und Gerölle davon in Schichten in andere Sedimentablagerungen getrieben wurden. Was auch die erforderliche Zeit sein mag, so muss sie hinreichend gewesen sein, für die Bildung der Kohle, des Eisensteins, die Zertrümmerung von beiden und ihre Verbreitung in höheren Theilen einer Reihe von im Allgemeinen ähnlichen Ablagerungen. Wenn die Gerölle von Kohle hinreichend gross sind, und man findet sie bisweilen zwei oder drei Zoll im Durchmesser, so zeigen sie oft die Zerklüftung oder die Spaltung der Schichten, von denen sie kamen, indem ihre Spaltungsebenen verschiedene Richtungen in den Kohlengerölleschichten nehmen, von denen sie jetzt Theile bilden, während die Spaltung der äusseren Theile der Stämme von Sigillarien, die bisweilen mit ihnen fortgetrieben und in Kohle verwandelt wurden, eine beständige Richtung in denselben Schichten haben. Ueberdies wurden abgerundete Theile von Kohle von einem verschiedenen Charakter, und bekannt in den unteren Theilen der allgemeinen Ablagerung, höher hinauf in der Reihe gefunden, und es existirt wenig Zweifel, dass in der Zeit, als sie losgetrennt wurden, sie dieselben Reihen von Veränderungen erfahren hatten, als ihre Mutterschichten, und dass, selbst wenn diese weiter modificirt wurden, dieselbe Modification durch die Aehnlichkeit der Structur sich auch auf diese Gerölle erstreckte, unter demselben allgemeinen Einfluss, dem die ganze Masse dieser Ablagerungen ausgesetzt war. Gewisse Schichten, die in den Steinbrüchen des Town Hill in Swansea bloss liegen, sind höchst instructiv für das Durcheinander solcher Kohlengerölle mit den Stämmen der Sigillarien, indem die letzteren die Formen von manchen Kohlengeröllen darunter zeigen, und die Pflanzen sich in einem weichen

Digitized by Google

Zustande den harten Geröllen der Kohle angeschmiegt haben, die selbst eine Substanz ist, welche wahrscheinlich von Pflanzen derselben Gattung und oft auch derselben Art herrührt, als die Stämme, die in dem gemeinsamen Drift liegen.

Die Nothwendigkeit von Festland für den hinreichenden Zufluss des Sediments der Kohlenformation ist ein wohl zu beachtendes Verhältniss, da die Masse der Kohlenformation in England durch keine kleine Anzahl von Cubikmeilen mineralischer Stoffe gemessen werden muss, welche aus einer anderen Stelle fortgeführt und an ihre jetzige abgelagert wurden, und vielleicht selbst ursprünglich von sedimentären Bildungen herrührten.

Es ist nun zunächst zu untersuchen, wie diese grosse Menge von Sediment durch die Brandung oder auf andere Weise entfernt wurde und zur Ausbreitung auf den Grund des Wassers gelangte. Hier gewähren die grossen Schichten von pflanzlichen Stoffen, die an manchen Orten auf alten Bodenoberflächen ruhen, und sich so oft wiederholen, einen wichtigen Anhaltspunkt, da sie nicht aus Meerespflanzen bestehen, und nicht minder die zahlreichen, aufrechten Stämme, die sich noch an dem Orte ihres Wachsthums befinden und ebenfalls keine Meerespflanzen sind. Ueber grosse Flächenräume und in sehr mächtigen Ablagerungen findet sich keine Spur eines Meeresboden, obgleich Molluskenreste vorkommen, die solchen der Flüsse oder Süsswasserseen gleichen. Aber während dies für viele Districte und für Ablagerungen von bedeutender Mächtigkeit gilt, ist es nicht überall der Fall, selbst in dem verhältnissmässig beschränkten Flächenraum von Grossbritannien; denn hier und da sind allerdings in den Ablagerungen Formen von Meeresmollusken entdeckt worden. Durchwandert man diesen Flächenraum von Süden nach Norden, so findet man neben Mollusken auch Reste von anderen Meeresthieren in Schichten, die mit den Kohlenablagerungen abwechseln, und selbst ziemlich mächtige Kalksteine geben Zeugniss von der Gegenwart des Meeres durch eine Zeit, die lang genug war, dass in den Zwischenräumen zwischen den gewöhnlich bei der Ablagerung der Steinkohle obwaltenden Verhältnissen, verschiedene Meeresthiere wachsen und gedeihen konnten*). Nivellirt man in Gedanken alle jetzigen Ungleichheiten der englischen Kohlendistricte, und reducirt das Ganze auf eine

*) Ausgenommen in einigen seltenen Fällen und in höheren Theilen des Kohlenkalkes, findet man in diesem Gesteine im südwestlichen England und Süd-Wales selbst nicht einmal schwächere Kohlenflötze. Zu gleicher Zeit bietet die Masse der Steinkohlenformation desselben Districtes trotz ihrer grossen Dicke keine Beimischung von Meeresresten mit denen einer Landvegetation und von Mollusken, die den heutigen Süsswasserformen gleichen. Dieselben Verhältnisse scheinen in den Britischen Inseln bis ins nördliche Wales und nach Derbyshire sich erstreckt zu haben. Noch weiter nach

Digitized by Google

Horizontalebene, so bieten sich mehrere tausend Quadratmeilen von ziemlich flachem Boden dar, und erinnern den Beobachter an ein grosses Deltaland, wie das des Ganges, des Niger oder des Mississippi, in einem Zustande der Senkung, in Bezug auf das Meeresniveau, und zwar auf eine solche Weise, dass bei der Submersion des Landes und der zeitweiligen Zunahme des Falls und der Geschwindigkeit eines oder mehrerer grosser Flüsse jener Zeit, Sedimente die sinkenden, mit Vegetation bedeckten Flächen überschütteten.

Dass manche Vegetationsschichten grösser waren als andere, konnte unter solchen Verhältnissen nicht anders sein; ebenso dass gelegentlich auch das Meerwasser das Land überschwemmte, wenn eine partielle Senkung so bedeutend war, dass dasselbe über einen verschieden grossen Flächenraum trat, während Süsswasserseen von Geschöpfen bewohnt waren und sich selbst Kalksteine bildeten, die ihre Reste einhüllten. Dass solche Verhältnisse früher in einem Theile eines gegebenen Flächenraumes eintraten als in einem anderen, lässt sich voraussetzen, wenn ein Meeresgrund, der einem Delta oder einer Ablagerung dieser Art vorausging, entweder durch die Masse der Sedimentabsätze oder durch allgemeine Bewegungen in der Masse eines solchen Meeresgrundes und des benachbarten festen Landes hinreichend gehoben wurde, so dass die Vegetation der flachen Niederungen jener Zeit gedeihen konnte. Bis zu welcher Ausdehnung auch die Beobachtung bezüglich der mit diesen Kohlenablagerungen zusammenhängenden allgemeinen Umstände diese oder irgend eine andere Ansicht unterstützen mag, so muss der Geologe bei dem Aufsuchen der Beweise für die Gegenwart von festem Land in gewissen Theilen der Erdoberfläche in gegebenen geologischen Zeiten, besonders solche berücksichtigen, die zu Gunsten eines Wachsthums von Landpflanzen am Ort oder in der Nähe der Plätze sprechen, wo sich jetzt ihre Reste finden. Es wird sich daraus leicht ergeben, dass Umstände in verschiedenen geologischen Zeiten in den geeigneten Stellen stattgefunden haben können, unter denen Pflanzen begraben und Schichten von Kohlenstoff in verschiedenen Zuständen der Veränderung hervorgebracht wurden, so dass Anthracit, bituminöse Kohle oder Braunkohle sich nun zwischen dem Schlamm, Sand oder Grand dieser verschiedenen Zeiten finden. Dies ist jetzt allgemein angenommen, und die Ablagerungen, denen in Europa und Amerika vorzugsweise der Name der Steinkohlenformation

---

Norden kommen indessen Kohlenschichten mehr mit der Masse der Ablagerungen des Kohlenkalkes vor, so dass die letzteren Schieferthone, Sandsteine und Kohle einschliessen, und also beweisen, dass in dem nördlichen Theile dieses Flächenraumes die Bedingungen für das Wachsthum und Begraben dieser Art von Vegetation in einer früheren geologischen Periode anfingen, als in dem südlichen.

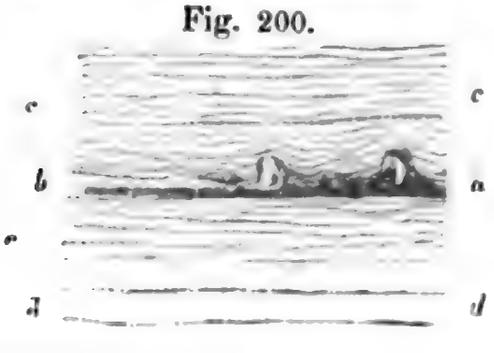
Digitized by Google

gegeben wird, sind bloss als Beispiel gewählt worden, weil sie an vielen Orten dieser Continente zugänglich sind. Wichtige Steinkohlenablagerungen kennt man jetzt auch in Asien, Australien und in anderen Ländern. Wie weit Beweise vorhanden sind, dass die Pflanzen, welche das Material für den Kohlenstoff dieser Ablagerungen geliefert haben, an Ort und Stelle gewachsen sind, ist ein Gegenstand von grosser geologischer Bedeutung, da man daraus nicht nur Belehrung über die Gegenwart von Festland in jener Zeit schöpfen kann, wie wir es aus anderen Gründen folgerten, sondern auch über die Art des Pflanzenwuchses, welcher unter gewissen Verhältnissen in jenen Zeiten an gegebenen Orten gedieh.

Kehren wir zu dem verhältnissmässig kleinen Flächenraum von England zurück, um zu zeigen, wieviel man oft unter günstigen Umständen in kleinen Theilen der Erdoberfläche beobachten kann, so finden wir zwei andere Beispiele aus verschiedenen geologischen Zeiten; das eine während der Ablagerung der sogenannten jurassischen Schichten, und das andere am Schlusse dieser Ablagerung, wo vertikale Stämme so vorkommen, dass sie uns Beweise von Pflanzen liefern, die an dem Orte ihres Wachsthums begraben wurden. Von den Kohlenschichten der Juraformation in Yorkshire weiss man seit Langem, dass sie in demselben geologischen Horizonte, wie die mit organischen Meeresresten erfüllten Kalksteine und Thone im Süden von England vorkommen; und Murchison zeigte im Jahre 1832, dass die vertikalen Stämme von *Equisetum columnare*, offenbar in der Lage, in welcher sie wuchsen, nicht nur in dem Schieferthon und dem Sandstein dieser Ablagerungen an der Küste sich finden, sondern auch in einer Entfernung von 40 engl. Meilen an der nordwestlichen Böschung des Moorlandes von Yorkshire, und dass sie auf eine allmälige Senkung von vielen Quadratmeilen Landes hinweisen, wodurch die Pflanzen ruhig in dem sich um sie anhäufenden Schlamm oder Sand begraben wurden*).

Die Insel Portland an der Küste von Dorsetshire zeigt auch Bäume an Ort und Stelle, wie sie wuchsen, mit dem Boden, auf dem sie ihre Wurzeln ausbreiteten. Dieser Boden ist den Steinmetzen der Insel seit Langem unter dem Namen des „*dirt-bed*" oder der Humusschicht bekannt**). Während manche Bäume in ihrem alten Boden wurzeln, liegen andere darnieder, auf die in dem folgenden Durchschnittt angegebene Weise (Fig. 200), welche uns sehr an die submarinen oder

Fig. 200.



*) *Proceedings of the Geological Society*, Vol. I. p. 391.

**) Zuerst beschrieben von Webster in *Geolog. Transact.*, Vol. I., p. 41.

Digitized by Google

versunkenen Wälder (Fig. 160) erinnert, die an den Küsten des westlichen Europas so häufig sind. In diesem Durchschnitt ruhen*) die senkrechten und umgestürzten Stämme von Bäumen, unter denen sich Cycadeen finden, mit dem Boden jener Zeit *a b* auf einem Kalkstein *c c*, der die Reste von Süsswasserthieren enthält und auf dem oolithischen Meereskalkstein *d d* liegt, welcher unter dem Namen des Portlandooliths bekannt ist. Ueber den Resten von Bäumen und Cycadeen ruhen andere Kalkablagerungen *e e*, die ebenfalls thierische Reste enthalten, welche auf einen Absatz im süssen Wasser hindeuten, und den Namen der Purbeckschichten führen, weil sie in jener Gegend an der Küste östlich von Portland wohl aufgeschlossen sind.

So sind die Vegetation und der Boden, auf welchem sie blühete in einer in süssem Wasser stattgehabten Ablagerung eingeschlossen, woraus hervorgeht, dass festes Land irgendwo in der Nachbarschaft vor dem Wachsthum der Bäume vorhanden war. Bei einer sorgfältigen Untersuchung des Districtes**) fand E. Forbes, dass die Süsswasserthiere, deren Reste in dem unteren Theil der hangenden Schichten vorkommen, nicht durch die Verhältnisse, welche die Bildung des „*dirt-bed*“ und das Wachsthum der Pflanzen erlaubten, verändert wurden, da sie dieselben, wie in den Kalkschichten unmittelbar darunter sind. Er fand überdies, dass es drei Aufeinanderfolgen von Arten in den Purbeckablagerungen gegeben hatte. In Bezug auf den allgemeinen Charakter dieser Schichten fand Forbes, dass, während die höheren und unteren Ablagerungen durch ihren organischen Inhalt beweisen, dass sie in süssem Wasser abgelagert werden, der mittlere Theil auf Abwechslungen von süssem Wasser, Brackwasser und Meerwasser hindeutet. Alles dies bildet eine höchst interessante Reihe von Thatsachen, die

---

*) Man hat drei solcher „*dirt-beds*“ (alte Bodenoberflächen) in mehreren Theilen dieser Reihe von Ablagerungen in Portland bemerkt, die vielleicht nicht immer genau von demselben Datum sind, obgleich sie die allgemeinen Verhältnisse jener Zeit darstellen. In dem Durchschnitt ist nur eine dieser Bodenoberflächen gegeben.

**) Solche alter Bodenoberflächen mit theils aufrechten, theils liegenden Bäumen giebt es auch ausserhalb der Insel Portland. Man sieht sie auch gut bei den Purbeckschichten in der Ostküste von Lulworth-Bay, einige Meilen östlich davon. In Bezug auf die weitere Ausdehnung dieser Verhältnisse in jener geologischen Zeit bemerke ich, dass Fitton einer Erdschicht in derselben geologischen Stellung in Buckinghamshire und dem Thale des Wardour erwähnt, sowie auch in den Klippen des Boulonnais. Verkieseltes Holz findet sich in einer bituminösen Schicht von Boulogne bis Cap Grisnez (*Geological Sketch of the Vicinity of Hastings*, 1833, p. 76). Eine Erdschicht (*dirt-bed*) aus derselben Zeit kommt auch noch zu Buckland bei Thame in Oxfordshire vor; und Mantell erwähnt eine ähnliche bei Swindon in Wiltshire im Hangenden der Portlandschichten, wo eine Masse Coniferenholz und einige Mantellien sich finden; s. dessen „*Wonders of Geology*“, 6. edit, Vol. I, p. 390.

Digitized by Google

ein Verschwinden des Meeres und die Bildung von festem Lande darthun, wodurch die süsses Wasser bewohnenden Thiere die Verhältnisse für ihre Existenz erlangten, ferner den wirklichen Beweis liefern für die Existenz dieses Festlandes in besonderen Theilen des Flächenraums und die Fortdauer der Süsswasserablagerungen durch irgend eine Veränderung, während welcher, bei der Submersion des Bodens unter das süsse Wasser, das Meer nicht zutrat. Es kam indessen eine Zeit, wo das Meer eintrat und Brackwasser da war; aber dieses hielt nicht an, denn wir finden abermals Süsswasserablagerungen über diesen Ablagerungen. E. Forbes erwähnt, dass, soweit wie die Reste der wirbellosen Thiere sich erstrecken, es unmöglich ist, ohne die aus der Auflagerung anderer Ablagerungen erhaltenen Thatsachen, zu sagen, ob die Süsswasserablagerungen der Jura, Kreide oder Tertiärformation angehören *). Gehen wir zurück auf die Zeit, in der eine Senkung des Landes (Seite 421), welches damals in dem Flächenraum des südlichen Englands über Wasser war, vor sich ging, so dass der untere Theil der oolithischen Reihe von Ablagerungen (verschiedene, bisweilen rogensteinartige Kalksteine, Sand und Thon) sich über die submersirten Gesteine ausbreitete, und die Thiere jener Zeit sich selbst unter günstigen Verhältnissen in dieselben einbohrten (Seite 426), so hörte die Senkung offenbar nicht lange nach dieser geologischen Zeit auf. Mag nun der Meeresboden und das benachbarte Land damals von einer entgegengesetzten Bewegung betroffen worden sein und sich allmälig erhoben haben, so dass der vom Meere eingenommene Flächenraum verkleinert und die Ufer ausgedehnt wurden, oder mag er stationär geblieben sein, und die sedimentären und thierischen Anhäufungen so das Meer umher ausgefüllt haben, dass die Ufer weiter zurückgeworfen wurden, oder mögen diese beiden Ursachen in Thätigkeit gewesen sein, so scheint es, dass der Rest der Kalksteine, des Sandes und der Thone der Juraformation mit ihren thierischen Resten sich, so weit es England betrifft, innerhalb eines allmälig sich verkleinernden Flächenraumes bildete, so dass endlich in einem besonderen Theile davon die Verhältnisse herrschten, welche die in Dorsetshire beobachteten Resultate hervorbrachten, und durch welche die Existenz von festem Land an bestimmten Stellen bewiesen wird, indem die Reste von Bäumen in dem Boden, in welchem sie wuchsen, wurzelnd gefunden werden.

Die Veränderungen von Meeres- zu Festlandsverhältnissen scheinen weiter fortgedauert zu haben; denn auf diese unteren (Purbeck-) Ablagerungen, die durch die Reste von Süsswasserthieren bezeichnet sind,

*) Unter anderen wichtigen Beobachtungen fand Forbes, dass, obgleich eine Austernschicht (*Ostrea distorta*) als die hervorragendste Bildung in der mittleren Abtheilung der Purbeckschichten auftritt, die Süsswasserfauna jener Zeit nicht unterbrochen war.

Digitized by Google

finden sich sehr bedeutend mächtige Ablagerungen, die auf die Gegenwart eines grossen Flusses oder einer sonstigen Süsswassermasse in dem Flächenraum des südöstlichen Englands hindeuten. Diese Ablagerungen mit den Purbeckschichten sind jetzt unter dem Namen des Wealden (der Wälderthonformation) bekannt, ein Name, der von den Schichten jener geologischen Zeit in dem Weald von Sussex herrührt, mit denen uns Dr. Mantell zuerst bekannt gemacht hat. Diese Schichten, die aus altem Schlamm, Sand und Kalkablagerungen bestehen, sind nicht nur durch die Reste von Süsswassermollusken bezeichnet, sondern enthalten auch die von merkwürdigen Reptilien (*Iguanodon*, u. s. w.) von riesenhafter Grösse und von Landpflanzen, die an den Ufern wuchsen oder durch einen Fluss herbeigeschwemmt wurden, wobei die von ihm in mechanischer Suspension getragene Masse das Ganze je nach den Umständen bedeckte. Dass eine Erhebung einer Landmasse und des benachbarten Meeresbodens zuerst eine Abwechslung von Seen und kleineren Aestuarien und später einige grosse Flüsse hervorbringen kann, sieht man leicht, wenn man die Wirkungen in Betracht zieht, welche durch eine Erhebung hervorgebracht wurden, die die Küstenlinie der Britischen Inseln und den Continent von Europa von Norwegen bis nach den Pyrenäen ausdehnte, so dass der jetzige Wasserabzug des westlichen Europas, von Ushant bis Norwegen und vom Landsende längs der Ostküste von Grossbritannien bis nach dem Norden von Schottland, in zwei grosse Becken geworfen würde, welche an der Strasse von Dover oder in der Nähe getrennt sind (Fig. 65 und 102). Im Anfang würde es bei dem allmäligen Steigen des Meeresbodens viele kleinere Mischungen von Aestuarien und anderen Wassermassen geben, die sich später aussüssten, bis endlich alle Flüsse, die in die Ostsee, nebst denen, welche sich jetzt in die Nordsee ergiessen (Elbe, Weser, Ems und Rhein), indem sie sich mehr oder weniger in verschiedenen Entfernungen vereinigten, nebst dem Abzug des neuen Landes, in das Atlantische Meer, zwischen den Shetlandinseln und Norwegen, vielleicht in der Nähe des submarinen Golfs, der sich zwischen ihnen nach Süden erstreckt (Fig. 65), fliessen müssen. Während dieses im Norden stattfände, würden alle Flüsse in dem Canal sich mehr oder weniger vereinigen und durch die grösste Senkung zwischen dem Landsende und Ushant in das Atlantische Meer ausfliessen, wobei die Abzugswasser des neuen Festlandes noch zu ihnen hinzukommen. In beiden Fällen würden auf die Meeresablagerungen zuerst Abwechslungen von Aestuarien und Süsswasserablagerungen von verschiedener Ausdehnung folgen und endlich solche, die an der Mündung des Canals und zwischen den Shetlandinseln und Norwegen die Gegenwart von weit grösseren Flüssen bezeichnen als die sind, welche jetzt ihr Wasser in eins der Meere ergiessen, die das westliche Europa von Norwegen bis nach den Pyrenäen begrenzen. Während die Loire und die Garonne leicht

Digitized by Google

ihren Lauf ohne Vereinigung über das neue Festland, einen Theil des Biskayischen Meerbusens, nehmen könnten, würden bei den Flüssen des westlichen Theiles von Grossbritannien und Irland grössere Verwickelungen entstehen. Blickt man indessen auf die Karten, so ergiebt sich die Neigung einer Wasseransammlung in grosse Flüsse zwischen dem nördlichen Irland und Schottland und zwischen dem südlichen Irland und dem Landsende.

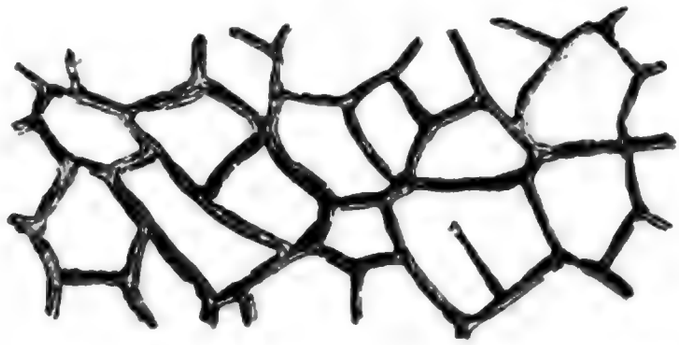
Während wir in dieser Weise die Veränderungen betrachtet haben, welche in Bezug auf die Gegenwart und das Verschwinden von festem Land in einem so beschränkten Flächenraume stattgefunden haben, so verdient die grosse Veränderung eine Erwähnung, welche später einen sehr grossen Theil derselben Fläche abermals in Meeresgrund verwandelte, auf dem sich Schlamm und Sand (Grünsand und Gault) nebst einer dicken Decke von Kalk (Kreide) anhäufte. Dies geschah offenbar durch eine ziemlich allmälige Senkung eines Meeresbodens, wodurch Raum für die Ablagerung von Detritus gewonnen wurde, der zu den, bloss von der Anhäufung der harten Theile von Meeresthieren herrührenden Ablagerungen hinzukam; denn die Thatsachen sprechen zu Gunsten einer allmäligen Bedeckung eines grösseren Areals, als dieser Theil der geologischen Zeit vorrückte, so dass die höheren Schichten über die unteren übergriffen oder sich über sie verbreiteten, und die oberen Glieder dieser Ablagerungen der Kreideformation dergestalt über die unteren im nördlichen und im südwestlichen England reichten. Wiederum veränderten sich die Verhältnisse über denselben Flächenraum, und in der Zeit nach der Kreide oder der tertiären Zeit finden wir Ablagerungen in Uebereinstimmung mit solchen veränderten Umständen, aus denen hervorgeht, dass damals sich hie und da festes Land fand, dass es Aestuarien und Süsswasserseen gab, und dass ausserdem Oscillationen des Landes und Meeresbodens vorhanden waren, welche eine Versenkung unter und eine Erhebung über den Spiegel des benachbarten Oceans hervorriefen. Diese Oscillationen und ihre Folgen haben, wie wir gesehen, bis zu der jetzigen Vertheilung von Land und Wasser fortgedauert, wo die atmosphärischen Einflüsse und das Meer das erstere verkleinern, die so entfernten Stoffe verschiedentlich längs der Ufer und über den benachbarten Meeresboden verbreiten, und ohne Zweifel eine Masse von thierischen und pflanzlichen Resten unserer Zeit und des dortigen Areals begraben, so dass das Ganze mit dem festen Land, seinen Seen, Flüssen und Aestuarien abermals über das Meeresniveau erhoben oder unter dasselbe gesenkt werden kann, wie es in demselben Flächenraum in früheren geologischen Zeiten stattgefunden hat.

Die Fussspuren von Thieren und die Risse auf den Oberflächen von Schichten geben dem Beobachter die Mittel, sich von der Gegenwart von Festland in einer bestimmten Zeit zu überzeugen. Man hat

Digitized by Google

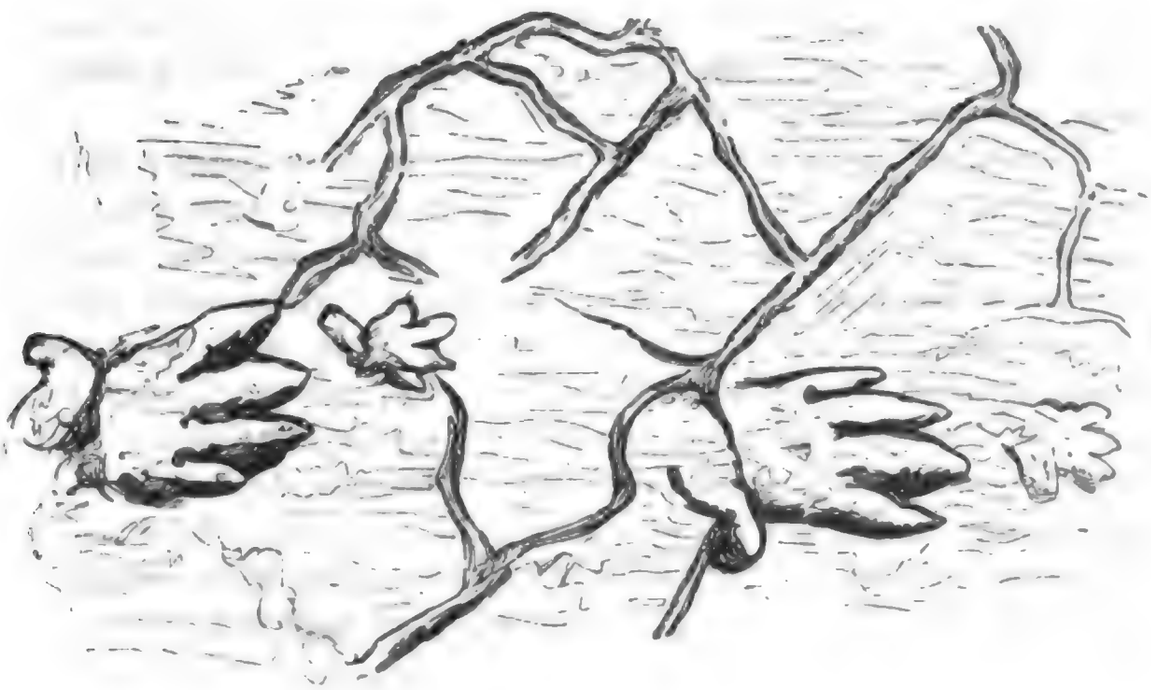
denselben neuerdings alle Aufmerksamkeit geschenkt. Obgleich man, wie in Fig. 201, beim Abheben von Thon oder Schieferthon ein Zer-

Fig. 201.



reissen der Theile sieht, wie es auf das Austrocknen einer der Sonne und der Luft ausgesetzten Oberfläche von Schlamm oder Thon folgt, und man dadurch auf die Berührung der Atmosphäre mit einer solchen Oberfläche und die Gegenwart von Land schliessen kann, z. B. von flachen Ufern, wo es bedeutende Unterschiede zwischen den höchsten Fluthen und niedrigsten Ebben giebt, so werden doch die Beweise vollständiger, wenn man auch deutliche Spuren von Thieren findet. Die folgende Skizze ist eine von den Fussspuren in dem bunten Sandstein von Hessberg bei Hildburghausen, und dient zur Erläuterung solcher Eindrücke und der Risse in Folge von Austrocknung (Fig. 202). Wäh-

Fig. 202.



rend man diese Fusstapfen Reptilien und zwar gigantischen Batrachiern zuschreibt, giebt es andere, die man Vögeln von verschiedener Art und Grösse zugeschrieben hat. Diese finden sich ebenfalls in einem

Digitized by Google

rothen Sandstein in dem Thale des Connecticut, und Hitchcock hat schon lange auf dieselben aufmerksam gemacht (Fig. 203).

Fig. 203.

Fusstapfen von Vögeln, Ornitichnites, von Connecticut.

Bezüglich dieser Abdrücke bemerkt Owen, dass sie für sich allein nicht den Schluss auf das Dasein der Vögel rechtfertigen *).

Die den Reptilien zugeschriebenen Fussstapfen haben wahrscheinlich dem *Labyrinthodon* angehört, dessen Knochen man in derselben Formationsreihe gefunden hat. Als andere Beweise für die Berührung der Luft mit dem Schlamm oder Sand, wo diese oder andere Thiere die Eindrücke ihrer Füsse zurückgelassen haben, hat man Spuren in denselben und anderen Oberflächen entdeckt, die durchaus denen gleichen, welche ein heftiger Regenschauer auf Thon oder Sand zurücklässt, und wie man sie oft an Küsten beobachtet, wenn die Ebbe eingetreten ist. Diese verschiedenen Eindrücke finden sich gewöhnlich auf Schichten von Thon oder Schlamm, und auf den Fussspuren und anderen Eindrücken hat sich ruhig Sand auf der hart gewordenen Oberfläche gelagert. Wenn die bedeckende Sandsteinschicht entfernt wird, so zeigt die untere Fläche der letzteren gewöhnlich die Beschaffenheit der oberen Fläche der ersteren, ehe sie mit Sand bedeckt wurde. Aber wir haben auch Eindrücke auf der Oberfläche von Sandsteinen gesehen, welche zwar nicht so scharf waren, aber Spuren auf Sand glichen, die später und ruhig mit Schlamm bedeckt wurden.

Welchen Thieren auch die Fussspuren angehört haben, so zeigen uns doch dieselben nebst den Rissen auf Schlamm- und Thon-Oberflächen in Folge von Austrocknung, sowie die Regentropfen, dass während der Ablagerung der Schichten von Sand, Schlich oder Schlamm, in denen sie vorkommen, Festland in der Nähe war, und dass die Schichten selbst Theile seines Ufers bildeten, wie die in der Fundy-Bay, im Bristol-Canal und anderen zahlreichen Localitäten, wo sich ähnliche Verhältnisse jetzt darbieten. Man hat gefunden, dass die blosse Ablagerung von Schicht auf Schicht an Ufern dieser Art hinreichend ist, solche Spuren festzuhalten; aber wenn diese mit einer ruhigen Senkung der Localität vorkommen, so dass die Ablagerungs-

*) Der Rhynchosaurus, sagt Owen, und die zweifüssigen Pterodactylen zeigen uns bereits, wie weit eine Annäherung an den Vogeltypus stattfinden kann, ohne dass der wesentliche Charakter der Saurier verloren geht; Gleiches zeigt das von Kaup als Säugethier unter dem Namen Chirotherium aufgeführte Thier, das offenbar ein Batrachier war.

Digitized by Google

schichten wenig oder gar nicht zertrümmert werden, so kann eine bedeutende mächtige Platte von solchen, in dieser Art bezeichneten Schichten sich bilden, wie es in der That geschehen ist, bis endlich die passenden Verhältnisse aufhören und die Erhaltung solcher Eindrücke nicht länger stattfindet.

Wie wünschenswerth es auch für den Beobachter ist, dergestalt vermittelst alter Ufer, Ablagerungen des süssen oder brackigen Wassers, der Fussspuren von Thieren an Ufern und der Reste von Pflanzen, die an der Stelle ihres Wachsens wurzelten, die Gegenwart von festem Land in verschiedenen Theilen der Erdoberfläche zu verfolgen (denn die zur Erläuterung gewählten Beispiele sind mit gewissen Modificationen auch auf viele andere Gegenden anwendbar), so findet er sich in manchen Districten so vollständig von altem Meeresboden umgeben, der in verschiedener Folge aufgehäuft ist, dass er sich der Hülfe nicht bedienen kann, welche ihm diese Kenntniss der wahrscheinlichen Lage des Festlandes in gegebenen geologischen Zeiten darbietet. Obgleich ihm klar ist, dass die Verwitterung und Zerstörung der festes Land bildenden Mineralmassen mit dem Aufwühlen des Sediments aus seichten Tiefen durch die Wellenthätigkeit das Material für diese sedimentären Ablagerungen lieferte, welche bloss die Reste von Meeresthieren enthalten, so kann er immer noch über die Richtung oder den Charakter des festen Landes jener Zeit im Ungewissen bleiben, wenn die Anordnung der unorganischen Bestandtheile bloss auf eine Ablagerung aus mechanischer Suspension im Wasser hindeutet. Ein Studium der Karten von verschiedenen Gegenden zeigt, dass sich Schlamm sowohl in der Nähe von Küsten als entfernt von ihnen findet, je nachdem die nöthige Stille für die Ablagerung und weitere Ruhe vorhanden ist, obgleich im Ganzen die Wellenthätigkeit auf dem Meeresboden in Tiefen, wo sie Einfluss hat, diesen Boden so sichtet, dass das schlammige Sediment weiter vom Lande entfernt wird als Sand.

Wenn alle oben erwähnten Arten der Vertheilung von Sediment, wie sie jetzt in Meeren mit oder ohne Ebbe und Fluth im Gang sind, mit Bewegungen des festen Landes oder Meeresbodens combinirt werden, so ist es klar, dass neben den Folgen solcher Bewegungen auf Küsten und benachbarten Meeresboden oft beträchtliche Flächenräume in dem Meere selbst erhoben oder gesenkt werden können, ohne sich über die Oberfläche in die Atmosphäre zu erheben. Einzelne ihre höheren Theile bildenden Stellen können hin und wieder über dem Niveau erscheinen, und von der Brandung und den atmosphärischen Einflüssen betroffen werden, wobei das entstehende Sediment umhergetrieben und durch Fluthströmungen oder auch in grösseren Schichten oder in weiterer Entfernung durch Meeresströmungen abgelagert wird, die ihren Weg gegen die ihrem Lauf entgegenstehenden kleineren Hindernisse erzwingen können. Der Meeresboden ist noch nicht so gut be-

Digitized by Google

kannt, wie er es wahrscheinlich in Zukunft sein wird, wenn seefahrende Völker die Wichtigkeit systematischer Untersuchungen in dieser Richtung einsehen. Man kennt indessen die Tiefe an gewissen Stellen, besonders seit den letzten Jahren, und es wird daraus wahrscheinlich, dass wir darin ein Hülfsmittel zu sehr wichtigen geologischen Schlussfolgerungen besitzen.

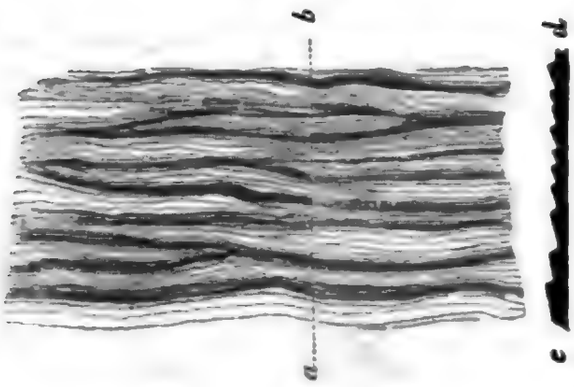
Während auf der einen Seite die Verbreitung von Sediment durch die grossen Flüsse der Welt, die den Abzug für grosse Theile von Continenten bilden und ihre Deltas vorwärts schieben, wohl zu beachten ist, so müssen solche Veränderungen, die den Meeresboden erheben, mit Aufmerksamkeit beachtet werden, mögen sie nun Theile davon an die Atmosphäre bringen oder nicht. Wenn der ganze Seeboden, über welchen sich jetzt verschiedene Punkte erheben und die Unzahl von Inseln und Eilanden der polynesischen Gruppen in dem Stillen Meere bilden, allmälig erhoben würde, so dass er einen grossen Continent von festem Lande bildete, so würden keine grosse Deltas erhoben werden, wenigstens keine, die jetzt in Bildung begriffen sind, was auch die früheren Verhältnisse jenes Theils geschaffen haben, und nur allmälig würde der Abzug des neuen Landes Flüsse bilden, diese sich in grössere Ströme vereinigen, als das feste Land sich mehr ausdehnte, und einige vielleicht endlich von der Grösse und Bedeutsamkeit der jetzigen grossen Flüsse der Welt werden.

Obgleich Sediment, das aus mechanischer Suspension in Wasser abgelagert und in Lagen und Schichten abgesetzt wurde, nach der Structur der inneren Theile der Lagen oder Schichten selbst keine grosse Belehrung in Bezug auf die Wassertiefe, unter welcher es abgelagert wurde, darbieten mag, während es oft durch eine Menge von sehr dünnen Schichten zeigt, dass sie nach einander niedergeschlagen wurden (manchmal vielleicht 20 oder 30 in der Dicke eines Zolls), so tragen ihre Oberflächen oft sehr wesentlich zu unserer Kenntniss über diesen Gegenstand bei. Häufig sind die unteren Flächen eben so nützlich als die oberen, da sie oft den Eindruck einer früheren Beschaffenheit der Oberfläche von Lagen oder Schichten liefern, welche sie bedecken, deren Material zerstörbarer Art war, wenn es in eine Lage erhoben wurde, wo die Durchdringung mit Wasser sie entweder erweichte oder selbst entfernte. So können die oberen Flächen von Schieferthonen oder harten Thonen in Schlamm oder weichen Thon verwandelt werden, in welchen sich alle Spuren ihres ursprünglichen Zustandes verlieren, während Sandsteine über ihnen, der verhärtete Sand, welcher die in diesen Oberflächen von Thon oder hartem Schlamm zurückgelassenen Eindrücke bedeckte, scharfe umgekehrte Abdrücke von dem Zustande des alten Meeresbodens bewahrt, ehe er von demselben bedeckt wurde. Unter Verhältnissen, die sich häufig darbieten, wo abwechselnde Schichten von Schieferthon, Thon, Sandstein und bisweilen

Digitized by Google

auch Kalksteine zu untersuchen sind und es wünschenswerth ist, womöglich den Zustand der oberen Flächen des Schlammes oder Thons vor ihrer Bedeckung zu verfolgen, müssen die unteren Flächen der jetzigen harten Schichten über ihnen sorgfältig studirt werden. Die Untersuchung wird häufig dem Beobachter ein treffliches Bild von solchen alten Oberflächen des Meeresgrundes mit seinen verschiedenen Zeichen darbieten, selbst bis auf die Eindrücke, die durch das Kriechen und die Windungen der Weichthiere jener Zeit zurückgelassen wurden. Es giebt eine Art von Oberflächen auf festgewordenen Schichten von Sand und Schlich, denen man den Namen der Wellenfurchen gegeben hat, wegen ihrer Aehnlichkeit mit der Beschaffenheit von vielen Sandstrecken bei dem Rückzug der Ebbe, welche in Bezug auf die Tiefen, in welchen die Lagen oder Schichten sich unter dem Wasser befanden, als solche Zeichen gebildet wurden, die wichtigste Belehrung gewähren würden, wenn nicht solche Oberflächen häufig unter ähnlichen Bedingungen in verschiedenen Tiefen sich bilden könnten. Wir haben früher der Reibung von Bächen oder Wasserströmen auf sandigen Oberflächen unter ihnen gedacht, die die nachgiebige Masse furchen und in kleinen Erhöhungen aufwerfen. Man sieht dieselben oft auf den Oberflächen von Sandsteinschichten mit wohl erhaltenen Erhöhungen und Furchen, wie in Fig. 204, so dass durch sorgfältiges Studium der Steilseiten der Erhöhungen die Richtung der Bewegung des Wassers in jener Zeit bestimmt werden kann. In diesem Falle giebt ein Durchschnitt bei *a b* den von *c d*, welcher die Richtung der Wasserbewegung von *a* nach *b* zeigt. Wären wir sicher über die Tiefe, bei welcher jetzige Meeresströmungen den Sand des Meeresbodens forttreiben und Oberflächen dieser Art hervorbringen, so hätten wir einen Führer in Bezug auf die Tiefe von einigen Fuss abwärts, bei welcher nach dem Maasse der jetzt in Thätigkeit befindlichen Kräfte diese Wirkungen entstehen mussten. Nach den Versuchen von Sir Edward Belcher auf der Höhe der Westküste von Afrika in 15° 27′ 9″ N.-B. und 17° 31′ 50″ W.-L. scheint es, dass eine dortige Strömung sich fast mit derselben Geschwindigkeit (0,75 nautische englische Meilen in der Stunde) in einer Tiefe von 240 Fuss (40 Faden) bewegte, wie an der Oberfläche. Betrachten wir die grossen Meeresströmungen der Erde mit den wahrscheinlichen Wassermassen, die in gegebenen Richtungen in derselben Zeit in Bewegung gesetzt werden, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass verhältnissmässig beträchtliche Tiefen Bedingungen ausgesetzt sind, wo das Furchen von

Fig. 204.



Digitized by Google

Sand und Schlamm statthaben kann. Der Beobachter muss sich auch erinnern, dass, da grosse Oberflächen von Meeresboden erhoben oder gesenkt werden können, sehr beträchtliche Flächenräume unter die Thätigkeit der Meeresströmungen gebracht oder ihnen entzogen werden können.

Beim sorgfältigen Studium grosser Sandbänke und flacher Sandstrecken, die ziemlich schnell bei der Ebbe entblösst werden, so dass sie nicht bedeutend durch die Thätigkeit kleiner Wellen oder einer heftigen Brandung verändert wurden, wird der Geologe, wie bereits früher bemerkt, häufig eine gemischte Anordnung von Ungleichheiten finden, die zum Theil von der Bewegung der Wellen, ehe das Wasser fortgeflossen ist, herrührte, zum Theil von der Reibung dieses Wassers beim Abzug von den Sandbänken und sandigen Flächen. Diese gefurchten und gerieften Oberflächen sind bisweilen ziemlich ausgedehnt, wenn das Meer eine beträchtliche Fläche zu einer kurzen Zeit verlässt, so dass sich die Reibung in irgend einer Richtung ziemlich plötzlich bildet. Es wird dies oft der Fall sein, wenn ein bewegtes Meer aufs Ufer fällt, da die grossen Wellen sich in einer verhältnissmässigen Entfernung nach aussen auf den Sandbänken, während des Fortschritts der Ebbe brechen, und näher an der Küste bloss eine geringere Thätigkeit stattfindet, wo die grosse Masse sich nach aussen bewegt, und das Furchen vermittelst der Reibung auf die Hauptbewegung deutet, oft mit der steilen Böschung der Furchen nach dem Meere hin, obgleich die Bewegung der Brandung Sand vor ihnen hertreibt, während sie sich auf das Ufer stürzen.

Wo sich, wie auf so vielen grossen, bei der Ebbe trockenen, Sandbänken an der Mündung von Aestuarien eine Complication der Oberfläche findet, die von den Wellenbewegungen von der Entfernung des Meeres von ihnen und von der Reibung des Wassers herrührt, das allmälig von ihm abfliesst, wird natürlich viel von dem Zustand des Wetters und der Gezeiten abhängen. Windstille würde die Frictionsstreifen, wie sie von der Bewegung eines Wasserstroms über einer Sandbank entstehen, ehe sie die Ebbe verliess, mehr als Windstürme in ihrem Zustand lassen, da die Bespülung der Wogen über die Erhöhungen und Furchen weggeht und sie obliterirt, die einfach von der Strömung der Ebbe herrühren. Der mehr plötzliche Zurückzug des Meeres, während der Springfluthen von denselben Tiefen, würde ebenfalls die Oberfläche einer Sandbank mehr von den Furchen bezeichnet lassen, unter sonst gleichen Umständen, als eine niedrige Fluth, bei deren Fallen die Wellenthätigkeit während einer längeren Zeit sich fortsetzen könnte, nachdem der Fluthstrom aufgehört hat, sich auf der Oberfläche der Sandbänke fühlbar zu machen.

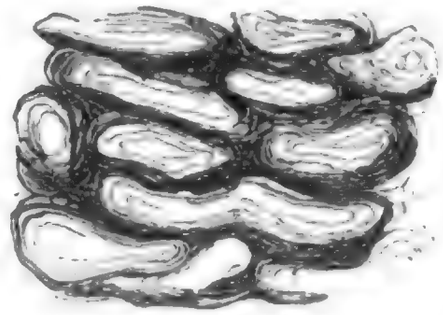
Die Oberflächen vieler Gesteinsschichten gleichen so sehr denen, welche man an den zuletzt erwähnten Orten sieht, besonders wenn hin-

Digitized by Google

reichend grosse Theile von ihnen entblösst sind, entweder an Küsten oder bei sehr geneigten Schichten in Berggegenden, selbst bis auf den offenbar untergeordneten Wasserabzug von Sandbänken, dass der Schluss auf die Bildung solcher Oberflächen an oder in der Nähe von Küsten, welche Ebbe und Fluth besassen, sich alsbald dem Beobachter aufdrängt. Zu gleicher Zeit muss er sorgfältig die wahrscheinlichen Wirkungen abwägen, die von den Windwellen auf den Meeresboden herrühren, und die so in Thätigkeit gesetzte Kraft zur Beunruhigung solchen Bodens, welche bisweilen seine Bestandtheile scheidet, so dass eine ruhig gebildete Schlammablagerung eine ungleich gelagerte Sandfläche bedeckt, die sich gebildet hatte, während die Bewegung des Meeres anhielt. Viele Gesteinsoberflächen erinnern uns sehr an lockeres Material, welches in dieser Weise durch die Wirkung und Gegenwirkung eines oben unruhigen Meeres bewegt wurde, auf dieselbe Weise, wie eine Wirkung auf Sand in einem passend geformten Gefäss von gehöriger Grösse stattfindet, wenn das Wasser über ihm in Bewegung gesetzt wird. Solche Annäherungen an die Reibungserhöhungen und Furchen auf Sand und Schlich in einer gegebenen Richtung müssen wohl von den letzteren unterschieden werden. Diese Durchschnitte sind, statt wie oben Fig. 204 dargestellt, gewöhnlich wellenförmiger oder gleichseitiger, die Oberflächen wechseln von undeutlichen Reihen von Eindrücken *a b* (Fig. 205) und denen, die etwas den scharfen Rücken

Fig. 205.

Fig. 206.



und Furchen, in Folge einer Stromwirkung, *c* gleichen, bis zu ungleich vertheilten und verschiedentlich gebildeten Erhöhungen und Eindrücken, (Fig. 206), die man gleichfalls von Concretionen wohl unterscheiden muss, und welche bei hinreichender Zusammenlagerung ein ziemlich ähnliches Aussehen haben können.

Bei der Betrachtung der Oberfläche des Meeresbodens, welcher jetzt zu harten Gesteinslagen und Schichten geworden ist, müssen auch die Veränderungen berücksichtigt werden, die selbst in grosser Tiefe durch den Durchgang der Erdbebenwellen stattfinden, welche diese in Berührung mit dem Wasser befindlichen Oberflächen erschüttern. An manchen Orten müssen solche Bewegungen sehr häufig sein, und die wirkende Kraft ist bisweilen so beträchtlich und kann sich in so schneller Aufeinanderfolge wiederholen, dass das feinere Sediment zu mecha-

Digitized by Google

nischer Suspension aufgeschüttelt wird, und einige Zeit braucht, um sich wieder zu setzen und die schwereren Körper zu bedecken, und sich dabei nach den durch das Erdbeben hervorgebrachten Schwingungen, nach der Art der betroffenen Substanzen und ihrer früheren Verbreitung wieder zu senken. In Fällen, wo Spalten während Erdbeben unter dem Meere entstehen, wie auf dem Lande, muss auch die spätere Störung des benachbarten Meeresbodens beachtet werden. So müssen die Wirkungen der Fortpflanzung der Erdbebenschwingungen sowohl im Grossen wie im Kleinen, die der grossen Meereswelle und der kleineren Bewegungen, die durch die Berührung des Seebodens mit dem Wasser gebildet werden, indem die Erdbebenschwingung schneller durch den ersteren als durch das letztere fortschreitet, in Betracht gezogen werden, wenn man die Oberflächen des Meeresbodens, selbst aus den ältesten geologischen Zeiten untersucht, und einen Schluss auf die wahrscheinliche Wassertiefe zu machen sucht, unter der er die sich uns darbietenden Formen annahm. Solche erschütterten submarinen Flächenräume und bewegter Meeresgrund müssen oft sehr beträchtlich gewesen sein, wobei die Wirkungen ohne Zweifel durch die relative Wassertiefe modificirt waren, ferner durch die Leichtigkeit, mit welcher die Schwingungen sich durch die verschiedenen Massen fortpflanzten, und dergleichen mehr. Erhöhungen und Furchen können in gewissen Localitäten durch die forteilende Bewegung der Hauptwellen in dem seichten Wasser erhoben und nicht wieder ganz verwischt, obgleich in ihrer Gestalt oft modificirt werden, ehe sie zuletzt bedeckt wurden und ihre Gestalt behielten, bis sie einen Theil des harten Gesteins ausmachten.

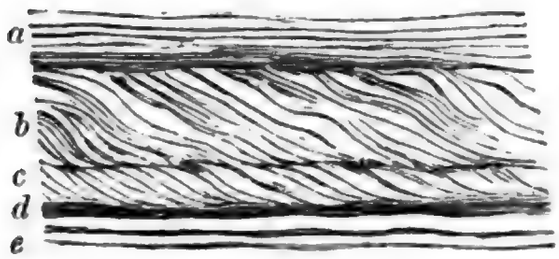
Während oft eine grosse Ungewissheit herrschen kann, in Bezug auf die Tiefe, in welcher die Bestandtheile der Gesteinsschichten, selbst mit Erhöhungen und Furchen auf ihren Oberflächen aus dem Wasser niederfielen, in welchem sie früher mechanisch suspendirt waren, wenn keine anderen Merkmale zugegen sind, so deutet die Anordnung der Theile, die von dem Vorwärtsdrängen der sedimentären Stoffe auf dem Boden herrührt, oft auf etwas seichtes Wasser. Und in diesem Falle können, da die Tiefe ungewiss ist, bis zu welcher Strömungen auf dem Meeresboden wirken, und dieser ungleich ist, wie am Rande der Tiefmessungen von 1200 Fuss (200 Faden) von Spanien um die Britischen Inseln herum bis Norwegen, so dass Sediment, welches von dem benachbarten Lande herrührt, längs des Bodens indie Einsenkungen transportirt und hingeschoben wird, dieselben Wirkungen in viel grösserer Tiefe stattfinden, als gewöhnlich angenommen wird. Wenn Meeres- oder Fluthströmungen so wirken, dass sie sedimentäre Substanzen von einem Lande forttreiben, welches die nöthige Menge zum Wachsthum früherer Ablagerungen liefert, so dass nach der Ausbreitung über einen ziemlich ebenen Meeresboden ein weiterer Zuwachs nach aussen

Digitized by Google

über unebenen Grund stattfand, so muss das so fortgeschobene Sediment in tieferes Wasser sich überlegen, und sich ziemlich so lagern, wie an der Mündung von Flüssen, die ihr Sediment in tiefe und fluthlose Meere oder andere stille Wasser liefern (S. 46). Auf diese Weise können selbst sandige Schichten, die Durchschnitte liefern, wo die einzelnen Schichten diagonal auf ihre obere und untere Fläche stehen, sich über grosse und flache durch mechanischen Niederschlag gebildete Schlammanhäufungen erstrecken.

Diagonale Structur der kleineren Theile, die von der vorwärts treibenden Thätigkeit längs des Bodens herrührt, findet sich bei vielen Sandsteinen sehr gewöhnlich, und in anderen, wo die organischen Einschlüsse wenig Zweifel darüber lassen, dass sie unter dem Meere gebildet wurden, wie sie in vielen Theilen der Steinkohlenformation so häufig sind. Diese Lagerung ist bisweilen sehr mannigfaltig, und zeigt, dass, während Sand dergestalt auf dem Boden fortgedrängt wurde, dieselbe Art von Sand zu einer anderen Zeit sich in horizontalen Schichten lagerte, und mehr auf Ablagerung aus mechanischer Suspension hindeutet. Beispiele dieser Art sind nicht selten. Der folgende Durchschnitt, Fig. 207 der sandigen Schichten, die in einigen Theilen von Irland eine Art von Uebergang von der jüngeren Grauwacke (*old red sandstone*) zu den unteren und gewöhnlichen schiefrigen Schichten des Kohlenkalks bilden (die gelbe Sandsteinreihe von Griffith), wird diese Verhältnisse erläutern.

Fig. 207.



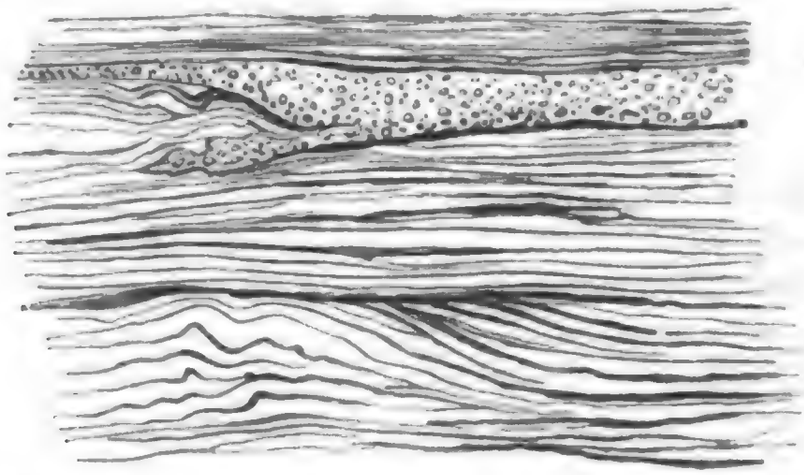
In diesem Durchschnitt, der nur einen Theil von weit mächtigeren und ausgedehnteren Schichten ausmacht, die überall Aehnliches darbieten, ist eine horizontale Sandablagerung *e*, die wahrscheinlich aus mechanischer Suspension abgelagert ist, von in derselben Weise abgelagertem Schlich *d* bedeckt. Auf diese Schicht folgen zwei andere *c b*, die auf eine Anhäufung von Sand hindeuten, der längs dem Boden fortgedrängt wurde, wobei eine hinreichende Pause zur Bildung einer Oberfläche zwischen beiden stattfand. Als diese Verhältnisse sich änderten, wurden wieder horizontale Schichten *a* gebildet.

Der folgende Durchschnitt (Fig. 208 s. f. S.) zeigt, dass man dieselbe ungleiche Vertheilung der Bestandtheile, die sich selbst auf Grandablagerungen zwischen sandigem und schlammigem Sediment erstreckt, auch unter noch älteren versteinerungsführenden Ablagerungen findet. Man sieht dieselben bei dem Besteigen des Glydyr Vawr, nordöstlich von Snowdon, wo die unteren silurischen Gesteine sich vielfach mit den vulkanischen Ablagerungen jener geologischen Zeit mischen. An einigen Stellen deuten die entblössten Oberflächen wie die Durchschnitte

Digitized by Google

so sehr auf Richtungsveränderungen von kleineren Strömungen, welche ziemlich grosse Gerölle fortführen konnten, und auf oft wiederholte

Fig. 208.



Thätigkeit dieser Art, dass mit Rücksicht auf die Kräfte der jetzigen Strömungen diese Ablagerungen im Allgemeinen seichtem Wasser anzugehören scheinen. Der folgende Durchschnitt (Fig. 209) des *old red sandstone* von Ross, in Herefordshire, kommt in derselben Reihe von

Fig. 209.

Ablagerungen in diesem und den benachbarten Districten sehr häufig vor, und erläutert diese Art der Bildung.

Wenn die bewegende Kraft der vom Wind hervorgerufenen Wellenthätigkeit auf den Meeresboden, bis zu welcher Tiefe sich dieselbe auch bisweilen erstreckt, und die Modificationen der Oberflächen während Erdbeben betrachtet werden, sowie die grösseren Schwingungen des Meeresbodens, wenn grössere Wassermassen in Bewegung gesetzt werden, durch Kräfte ähnlicher Art, aber von weit grösserer Intensität, als sie uns durch Erdbeben bekannt sind, so ist es klar, dass ruhige Veränderungen der Tiefen, bei welchen der Meeresboden irgend einer geologischen Zeit submersirt wird, modificirende Wirkungen einer sehr merkwürdigen Art hervorrufen müssen. Oberflächenschichten, welche sich auf eine Art angehäuft haben, können auf eine andere remodellirt werden. Zum Beispiel können diagonal abgelagerte Theile loser Schichten hin und her bewegt werden, wenn sie der Wirkung des durch

Digitized by Google

die Winde der die Gezeiten oben bewegten Wassers ausgesetzt werden, so dass ihre Strömungen durch das Vorkommen von Untiefen und die ungleiche Configuration des benachbarten Landes mehr oder weniger reissend werden. Obgleich diese Ursachen bloss die jedesmaligen Oberflächen modificiren können, so kann doch eine Wiederholung derselben mit Oscillationen in der Bewegung des Meeresbodens oft complicirte Wirkungen hervorbringen, so weit als die ursprüngliche Art der Ablagerung von Schichten zum Theil später geändert wird; selbst die in dem Sediment enthaltenen organischen Reste werden ohne grosse Beeinträchtigung gesichtet und wieder abgelagert.

Wenn man die Structur der Schichten sedimentärer Gesteine und die Formen ihrer Oberfläche in Verbindung mit den organischen Resten betrachtet, welche sie enthalten, so hat der Beobachter eine weitere Gelegenheit zu einem Schluss auf die Wassertiefe, unter welcher die Gesteinsschichten ihren jetzigen Charakter erhielten. In Bezug auf die Art und Weise, wie organische Reste im Allgemeinen im süssen Wasser oder im Meere begraben werden können, verweisen wir auf die früheren Bemerkungen über diesen Gegenstand (S. 107—155). In dem Sedimente jeder Art, das in auf einander folgenden Lagen oder Schichten aufgehäuft ist, bieten sich alle die verschiedenen Arten dar, in denen organische Reste davon eingehüllt wurden. Während wir einmal die Schaalen von Mollusken genau in derselben Lage finden, in welcher sich diese Thiere in den Schlamm, Schlich oder Sand der damaligen Zeit je nach ihrer Lebensweise eingruben, finden wir in einem anderen Falle eine Masse von Muscheln oder Korallenbruchstücken, die denselben Einflüssen unterliegen, wie alle sonstigen Mineralsubstanzen, gerade so wie es heutigen Tages oft vorkommt, und besonders in der Nähe von Korallenbildungen in grossem Maassstabe, z. B. bei den grossen Barrierriffen des östlichen Australiens.

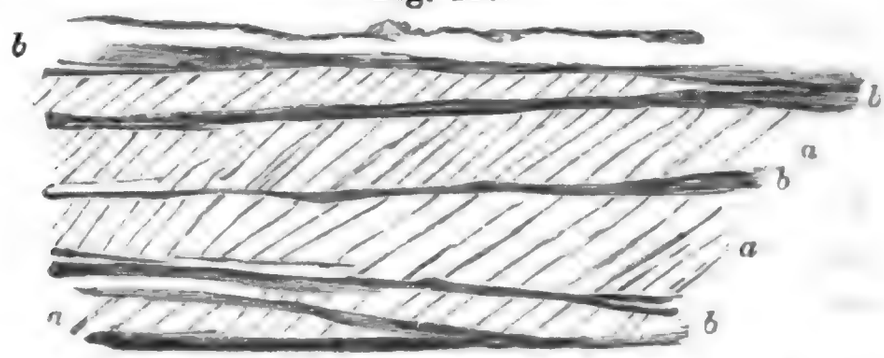
Das Vorkommen organischer Reste in den Lagen, in denen die Thiere lebten und starben, gewährt einen directen Beweis, dass die Süsswasser-, Brackwasser- oder Meeresbildungen, die diese Reste enthalten, nicht aufgebrochen und wieder abgelagert wurden, sondern dass sie, unabhängig vom Festwerden oder gewisssen anderen Structurmodificationen, Ebenen und Durchschnitte des Bodens des süssen, brackischen oder salzigen Wassers aus einer bestimmten geologischen Zeit gewähren. Sorgfältige Untersuchung zeigt, dass diese Art der Einhüllungen keineswegs so selten ist, als man einst glaubte. Wir haben bereits des Vorkommens der Reste von Bohrmuscheln in den von ihnen in Gesteinen gebildeten Löchern erwähnt, welche den Pholaden in den Kalksteinen unserer heutigen Meeresküsten gleichen (Fig. 184) und es ist auch bemerkt worden, dass während der Kalkablagerungen derselben Zeit, nämlich der unteren Jurabildungen, mehrere auf einander folgende Schichten auf ihrer Oberfläche durch dieselben Arten angebohrt wur-

Digitized by Google

den, und die Schaalen sich noch in den von diesen Thieren gemachten Löchern finden (Seite 426). In Bezug auf die Mollusken, welche sich in Schlamm, Schlich oder Sand eingraben, erwähnen wir der Beobachtungen von Prestwich über die Schaalen von *Panopoea*, in den Schichten des Londonthons in Clarendon Hill, und von *Panopoea*, *Pholadomya* und *Pinna* in Cuffnell, die häufig in der vertikalen Stellung gefunden werden, welche den heutigen Arten eigenthümlich ist; ebenso der Beobachtungen von Fitton über eine ähnliche Art der Erhaltung der Schaalen von *Panopoea* und *Pinna* in dem unteren Grünsand des südlichen Englands*). In Fällen dieser Art, ist es sicherlich nicht immer klar, dass die Thiere, in der Lage, welche ihre Lebensweise erforderte, plötzlich durch eine physikalische Veränderung in dem Wasser oder der Art des über ihnen abgelagerten Sedimentes getödtet wurden, obgleich dies zu vermuthen ist, da in allen Schichten, welche sich eingrabende Mollusken enthalten, ihre Schaalen in den Stellungen gefunden werden, in denen sie unter gewöhnlichen Umständen sterben. Sei dem wie ihm wolle, so beweist es, dass diese Thiere jener Zeit in dem Schlamm, Schlich oder Sand lebten und starben, in welchem ihre Reste sich finden, und welche jetzt vielleicht Schichten von hartem Gestein sind.

Viele Muschelschaalen kommen so vor, dass selbst die Richtung der Strömung, welche dieselben nach ihrem Gewicht, Volumen und ihren Formen forttrieb, daraus entnommen werden kann, da sie wahrscheinlich in jener Zeit leere Schaalen waren, und dasselbe gilt von den Resten von anderen Thieren des süssen und salzigen Wassers. Bisweilen wurden, wie in Fig. 210, ganze und zerbrochene Muscheln

Fig. 210.



Durchschnitt aus einem Steinbruch des Forest marble, einem Theil der Juraformation bei Frome in Somersetshire.

a a a Diagonalschichten, die aus zerbrochenen Muscheln, Fischzähnen, Holzstücken und oolihtischen Körnern bestehen, welche letzteren bisweilen abgerundete Muschelstückchen sind, wo die verschiedenen Substanzen in den Ebenen der diagonalen Schichten liegen, und ganz das Ansehen darbieten, als seien sie über die mehr horizontalen, in der Zwischenzeit zwischen den Schlammablagerungen gebildeten Schichten *b b b b* fortgeschoben oder fortgedrängt worden.

*) *Journal of the Geological Society of London*, Vol. I.

Digitized by Google

längs des Bodens mit Zwischenräumen der Ruhe getrieben, während welchen bloss Schlamm niederfiel.

Was die Vernichtung von Meeresthieren an Ort und Stelle betrifft, so lässt sich erwarten, dass in allen geologischen Zeiten, eben so gut wie in den jetzigen, in vulkanischen Gegenden gewisse Gase, wie Kohlensäure, Schwefelwasserstoff u. s. w., bei plötzlicher Diffusion im Wasser durch untermeerische Spalten oder vulkanische Oeffnungen, die in der Nähe lebenden Thiere tödteten. Ebenso die Hitze, die dem Wasser während submariner Eruptionen mitgetheilt wurde, oder wenn während der Erdbeben gebildete Spalten die Tiefe von bedeutenden Temperaturen erreichten. Bei der Gegenwart schädlicher Gase im Wasser konnten Raubthiere nicht von anderen Orten hinzukommen, so lange die Gase in hinreichender Menge vorhanden waren, und sich von den getödteten Süsswasser- oder Meeresthieren nähren, ehe diese von feinem Sediment bedeckt waren, oder im Fall es Geschöpfe waren, die sich in Schlamm, Schlich oder Sand eingruben, bis das Sediment sich um sie abgelagert hatte, wobei wahrscheinlich eine gewisse Zersetzung stattgefunden, so dass sie nicht mehr als Nahrung gesucht wurden.

Man findet bisweilen eine solche Menge fossiler Fische in Gesteinen, dass die Annahme einer plötzlichen Tödtung und die Bewahrung ihrer Körper vor Raubthieren und Aasfressern durchaus zur Erklärung der Art ihres Vorkommens nöthig ist, und ferner, dass sie nach ihrem Tode hinreichend rasch begraben wurden, und die Zerstreuung der härteren Theile ihrer Körper nach der Zersetzung verhindert wurde. In allen Fällen, wo man auf vulkanische Thätigkeit in verschiedenen geologischen Zeiten schliessen kann, oder in der Nähe der Orte, wo der Beobachter Sedimentgesteine untersucht, die die Reste von Thieren in einer Beschaffenheit zeigen, aus der hervorgeht, dass die ganzen Geschöpfe ohne Verletzung ihrer härteren Theile begraben wurden, wird er wohl daran thun, die Arten des Begrabens im Auge zu behalten, die in ähnlichen Gegenden der heutigen Zeit im Gang sein mögen. Er wird dann organische Reste unter der vulkanischen Asche verschiedener geologischer Zeiten sehen, selbst in den alten silurischen Ablagerungen in Irland und Wales sind sie in einer solchen Lage, dass er sehr lebhaft an die Ursachen der Zerstörung und Erhaltung erinnert wird, welche er heut zu Tage findet, oder die er sich jetzt in Thätigkeit denken kann.

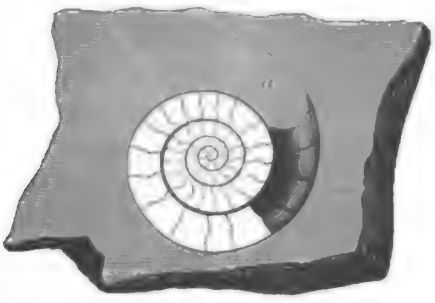
Unabhängig von einem plötzlichen Vernichten und Begraben von Thieren in Verbindung mit vulkanischen Ausbrüchen oder Erderschütterungen, bietet uns das Studium des alten Bodens des Meeres und des Süsswassers so erhaltene thierische Reste dar, und in solchen Substanzen, dass der plötzliche Einfluss von Wasser, das mit vielem feinen Sediment in mechanischer Suspension beladen war, eine Menge von Wasserthieren in einem gegebenen Areal vernichtet haben kann.

Digitized by Google

Wenigstens sind ihre Reste in solche Stoffe eingewickelt, dass sie zu diesem Schlusse führen. Dass festsitzende Geschöpfe oder andere mit langsamen Bewegungen leicht dergestalt verschüttet werden konnten, lässt sich unter solchen Verhältnissen in allen geologischen Perioden erwarten. Wenn man z. B. in der Nachbarschaft von Bradford den Apiocrinit auf einer Kalkschicht wurzelnd und in eine Thonschicht eingehüllt findet, bisweilen mit allen seinen Theilen auf das Beste erhalten, so kann man schliessen, dass er durch das Einströmen von Schlamm getödtet wurde, dem er nicht entrinnen konnte.

Auf gleiche Weise lässt sich die Erhaltung von langen unverletzten Stielen verschiedener Enkriniten in silurischen und anderen älteren Ablagerungen auf den Oberflächen von Kalksteinen und anderen Gesteinen erklären, die eine Bedeckung von feinem Sediment hatten. Bisweilen findet man, wie in dem Lias des Golden Cope bei Lyme Regis, eine Menge von Belemniten, viele selbst mit ihren Tintenbeuteln, welche eine solche Schicht organischer Reste bilden, dass man auf eine plötzliche Vernichtung von Tausenden von ihnen schliessen muss. Auch Ammoniten findet man bisweilen in grosser Anzahl, und so auf eine Tiefe von nur einigen Zollen vertheilt, in sehr unbedeutenden Flächenräumen, als wenn sie plötzlich getödtet worden wären. Die schöne Schicht von Myriaden von Ammoniten, die in dem Lias von Marston Magna in Somerset vorkommt, ist ein gutes Beispiel dieser Art. Bisweilen zeigen die Molluskenschaalen, dass, als ihre Thiere begraben wurden, der von ihren Körpern eingenommene Raum den Eintritt des Sedimentes verhinderte, welches sie einhüllte. Der folgende Durchschnitt (Fig. 211) von einem Ammoniten aus dem Lias von Lyme Regis dient als ein Beispiel dieser Art des Vorkommens. Alle Kammern des Ammoniten sind von kohlensaurem Kalke gefüllt, der in ihre Höhlungen einfiltrirt ist, auf welche ein Raum folgt, den offenbar das Thier einnahm, als es durch den Schlamm, welcher jetzt thonigen Kalkstein bildet, eingehüllt wurde; dieser Raum endigt nach aussen mit Sediment *a*, welches in einen so grossen Theil der Schaale eintrat, als der Rückzug des Thieres erlaubte. In diesem Falle ist das eingedrungene Sediment stark mit dunkelfarbigen Stoffen imprägnirt, die offenbar von der Zersetzung des Thieres herrühren. Solche Ablagerungen von Thon und thonigen Sandsteinen, sind, besonders die letzteren, wegen der gewöhnlichen Consolidation der Masse um die organischen Reste ohne bedeutenden Druck sehr günstig für Beobachtungen dieser Art, und zahlreiche Muschelschaalen beweisen, dass die Thiere in ihnen

Fig. 211.



Digitized by Google

waren, als sie begraben wurden. Bei solchen Untersuchungen muss man die Lage der Schaalen in den Schichten und die Formen ihrer inneren Höhlungen beachten, so dass der Eintritt von Sediment durch solche Lagen und Formen verhindert werden konnte. Man findet zahlreiche Beispiele in gewissen Orten und Ablagerungen, wo man nothwendig die Gegenwart der Thiere in ihren Schaalen voraussetzen muss. Wenn wir die wahrscheinliche Gefrässigkeit zahlloser Geschöpfe in süssem und salzigem Wasser betrachten, und die Menge von aasfressenden Thieren, die in allen geologischen Zeiten zersetzte thierische Stoffe consumirten, so führt uns die Entdeckung von wohlerhaltenen wasserlebenden Reptilien in Gesteinen selbst mit der Erhaltung ihrer Eingeweide auf den Schluss, dass ihr Begrabenwerden und wahrscheinlich auch ihr Tod plötzlich waren. Und dies scheint um so wahrscheinlicher, wenn wir, wie häufig, finden, dass in denselben Ablagerungen dieselben Arten von Wasserreptilien zergliedert sind, wie wenn Raubthiere von ihnen gelebt hätten. Während bisweilen in dem Lias des westlichen Englands die Skelette der Ichthyosaurier und Plesiosaurier so wohl erhalten sind, dass alle oder fast alle Knochen in ihrer richtigen relativen Lage sind, dass selbst ihre Haut erhalten ist, und der Inhalt ihrer Eingeweide zur Zeit des Todes an seiner richtigen Stelle; so sind in anderen Fällen die Knochen dieser Reptilien zerstreut, obgleich nicht immer weit von dem Platze entfernt, wo dieselben starben. In der That sind die Erscheinungen durchaus die, als wenn Zersetzung so weit vorgeschritten gewesen, dass die Aasthiere sich von den Leichen nähren und die Knochen auf geringe Entfernungen schleppen konnten, so dass sie etwas zerstreut wurden.

Jede Art des Vorkommens organischer Reste sollte sorgfältig nicht nur mit Bezug auf den District, die Wassertiefe und die wahrscheinliche Form des benachbarten Landes betrachtet werden, sondern auch in Bezug auf die allgemeine Vertheilung des Lebens im Meere in äquivalenter geologischer Zeit über weit ausgedehntere Flächenräume. Das Bestreben, einen allgemeinen Ueberblick über die Vertheilung lebender Geschöpfe über grosse Flächen in gegebenen geologischen Zeiten zu erhalten, wie auch über die während dieser Zeiträume gebildeten Ablagerungen, denen man bestimmte Namen gegeben hat, ist ganz besonders nothwendig. Die Erfahrung hat die Geologen gelehrt, dass manche Gattung von Seethieren, deren Reste zuerst nur in gewissen Schichten an verschiedenen Orten gefunden wurden, in Ablagerungen sowohl aus einer älteren als jüngeren Epoche entdeckt worden sind, sowie auch Arten in gewissen Districten eine weitere senkrechte Verbreitung haben, in einem Durchschnitt von nach einander gebildeten Meeresböden. Hierher gehört nun eine reifliche Erwägung der Verbreitung des thierischen und vegetabilischen Lebens verschiedener geologischer Zeiten, wie es sich aus den organischen Resten er-

Digitized by Google

giebt, mit Bezug auf die wahrscheinliche Vertheilung des Landes und Wassers in jener Zeit und die Verschiedenheit der Tiefe der Meere, Art des Grundes, Formen der Küste, Entleerung von Flüssen ins Meer, Süsswasserablagerungen und Aehnliches. Es muss Rücksicht genommen werden auf die Tiefe, in welcher thierisches und vegetabilisches Leben jetzt im Meere existirt (S. 141), nebst den Formen und Arten von beiden, die sich unter verschiedenen Verhältnissen der Wärme, des Lichtes und des Schutzes vor heftigen Bewegungen befinden. Man darf ebensowenig die Ansichten der Naturforscher in Bezug auf die Verbreitung des heutigen Thier- und Pflanzenlebens über die Erdoberfläche vernachlässigen; die Verbreitung der verschiedenen Arten, unter den für jede sich eignenden äusseren Umständen, die Verbreitungsmittelpunkte, von denen die Arten unter günstigen Bedingungen sich ausdehnten, und die Repräsentanten verschiedener Arten in verschiedenen Localitäten. Die als Aequivalente betrachteten Ablagerungen, besonders der Meeresboden, müssen sorgfältig zergliedert werden, um die wahrscheinlichen Verhältnisse zu ermitteln, unter welchen die in ihnen begrabenen Reste lebender Wesen an den Orten versammelt wurden, wo man sie jetzt entdeckt. Zu allen geologischen Zeiten, wo Wasser existirte, musste dasselbe den Gesetzen folgen, die es jetzt in Bezug auf die Temperaturverhältnisse beherrschen, und dieselben Eigenschaften mit Rücksicht auf Licht und Druck besitzen. Alle Wassermassen mussten auch wie jetzt durch die grossen Meeres- und Fluthströmungen bewegt werden, wie verschieden diese auch in Folge der Vertheilung des festen Landes im Ocean in irgend einer bestimmten geologischen Periode gewesen sein mögen.

Zu gleicher Zeit muss man die Modificationen und Veränderungen im Auge behalten, die aus Bewegungen der Erdkruste entstehen, wodurch Mineralmassen erhoben oder gesenkt werden, so dass sie bisweilen über dem Spiegel des Meeres, bisweilen unter ihm waren. Um wieder auf die Veränderung zurückzukommen, welche durch eine Submersion des Isthmus von Panama und eine Verbindung des Atlantischen und Stillen Meeres hervorgerufen würde, wobei das Land zu der in geologischer Hinsicht mässigen Tiefe von 1000 Fuss in Beziehung zu diesem Ocean sich senkte, so geht aus neueren Beobachtungen hervor, dass dessen grösste Höhe 299 engl. Fuss über dem Meere ist, so dass, wenn die Senkung 600 Fuss betrüge, eine tiefere Meerenge als die zwischen Dover und Calais vorhanden sein würde, und wenn die Submersion von 1000 Fuss zu Stande gekommen wäre, eine tiefere als irgend ein Theil des Deutschen Meeres, oder der Meerengen zwischen Grossbritannien und Irland, oder diesen Inseln und Frankreich, oder eine, die fast mit der Linie von 100 Faden zusammenfiel, die sich von Spanien auswärts von den Britischen Inseln bis nach Norwegen erstreckt.

Digitized by Google

Wenn man eine Karte von Amerika vergleicht mit dem Lande, welches unter dem Ocean sein würde, wenn diese Senkungsbewegung stattgefunden hätte, und die sich allmälig nicht weiter als 20 Breitegrade auf jeder Seite des Isthmus verringerte, so ist die grosse Modification, welche wahrscheinlich die Folge des freien Durchgangs des Wassers des Atlantischen Meeres in das Stille Meer sein würde und der Unterschied der Oberfläche von festem Land, klar genug. Durch eine sorgfältige Betrachtung einiger weniger Flächenräume der heutigen Zeit auf diese Weise in Bezug auf die Wirkungen von Senkung oder Erhebung, je nachdem es der Fall erfordert, wird der Beobachter leicht gewahr werden, wie nöthig es für ihn beim Verfolgen der Verbreitung des Lebens in irgend einer bestimmten geologischen Zeit ist, genau die Folgen solcher Veränderungen abzuwägen; ob sie auf der einen Seite eine Vermischung früher getrennter Arten erlauben, oder ein gegebenes Areal, das durch die Gegenwart einiger hervorstechender Arten ausgezeichnet ist, in zwei trennen, die zusammen oder eins allein später verschiedenen Verhältnissen ausgesetzt wurden.

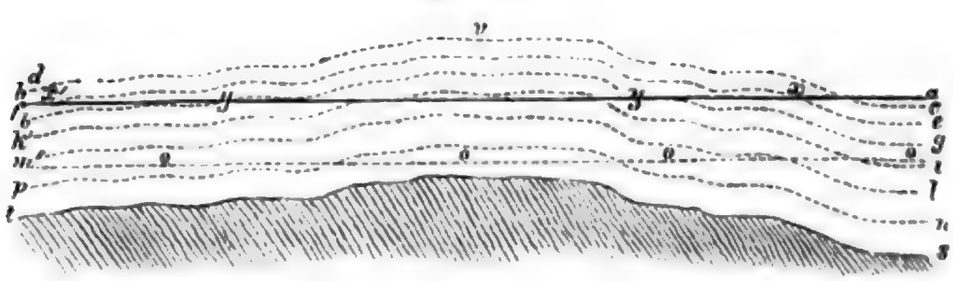
Da wir das thierische Leben des Meeres an gewisse Verhältnisse geknüpft finden, unter denen nach den Arbeiten von Edward Forbes und anderen Naturforschern die Tiefe des Wassers unter sonst gleichen Umständen eine wichtige Rolle spielt, so dürfen wir von dem Bekannten auf das Unbekannte schliessen und annehmen, dass eine ähnliche Anpassung von dem frühesten Zustande der Erdoberfläche an stattgehabt hat, wo Wasser, in welchem Thiere leben konnten, die Ufer von Continenten und Inseln bespülte. Selbst bei der Hypothese von einer Wärme der festen Erdkruste in früheren Zeiten, die hinreichte, das Wasser des Oceans und der Meere in gewissen Tiefen auf einer gleichen Temperatur zu halten, unabhängig von der Sonnenhitze, müssen Verhältnisse des Littorals von seichtem und tiefem Wasser ihren Einfluss haben, besonders in ihrer Verbindung mit Unterschieden des Meeresbodens und der Lage in Beziehung auf Schutz vor der Thätigkeit des Windes auf das Meer und von Fluth und Meeresströmungen. Jedenfalls muss der Beobachter, der den Vortheil hat, Meeresboden aus verschiedenen geologischen Zeiten mit verschiedentlich vertheilten organischen Resten zu untersuchen, Unterschiede und Aehnlichkeiten dieser Art aufzufinden sich bemühen, wobei er sorgfältig die Thatsachen in Betracht zieht, die sich aus der physikalischen Structur der Versteinerungen führenden Gesteine in Verbindung mit den darin enthaltenen organischen Resten ergeben. Es kann sein, dass gewisse Formen von Molluskenschaalen so täuschend sind, dass der Paläontologe nicht immer richtige Schlüsse macht, wenn er sie auf Thiere bezieht, die denen ähnlich sind, welche jetzt nahe am Ufer oder in seichtem oder tiefem Wasser leben, und dass diese letzten vielleicht heutigen Tags mehr Verschiedenheiten darbieten, als jetzt bekannt ist; indessen wird die

Digitized by Google

Untersuchung doch wenigstens eine Annäherung an die Wahrheit geben, indem die Thatsachen doch im Allgemeinen jene Art des Vorkommens hervorheben, welche vielleicht constant ist, während andere zwar unsichere, aber doch in Bezug auf den Gegenstand im Allgemeinen von Wichtigkeit sind.

Da die Untersuchungen gezeigt haben, dass sowohl bei der Erhebung in die Atmosphäre als bei der Submersion unter das Meer die Verhältnisse für die Existenz lebender Wesen aufhören, so folgt, dass die grosse Veränderlichkeit der Erdoberfläche in Bezug auf diese beiden Bedingungen nothwendig grosse Veränderungen in diesem Leben hervorgebracht hat, unabhängig von den ihm von der Erschaffung an eigenthümlichen. Die Trennung grosser Areale festen Landes in kleinere Theile in ihrer Wirkung auf die Vernichtung gewisser Arten von Landthieren ist bereits erwähnt worden, während sie zu einer anderen Zeit Theile davon erhielt und andere vermischte. Bei der Submersion eines Continentes unter das Meer (und die Untersuchungen des Geologen liefern ihm die Nothwendigkeit solcher Submersionen, sowie dass das feste Land jeder Zeit sich hauptsächlich aus dem Meere in die Atmosphäre erhob) wurden die ihm eigenthümlichen Wesen vernichtet, obgleich die Beweise für sein Dasein in den Mineralstoffen erhalten werden konnten, wo es die Umstände erlaubten. Auf gleiche Weise mussten auch die littoralen Meeresthiere, wenn bei Submersionen die Ufer verschwanden, an denen sie lebten und sich nach den Küsten zu bewegten, während diese sich bei der Senkung der Hauptmasse des Landes zurückzogen, verschwinden, wenn sie sich nicht ganz oder zum Theil an die neuen Verhältnisse anpassen konnten. Als indessen eine Zone der Meeresvegetation nach der anderen verschwand, als die für ihr Gedeihen dienlichen Umstände verschwanden, mussten die Thiere sterben, welche sich von den Pflanzen nährten, und mit ihnen diejenigen, welche von den Pflanzenfressern lebten, wenn sie nicht an andere Orte entrinnen konnten, wo Nahrung derselben Art oder andere, die ihre Stelle vertreten konnte, in hinreichender Menge für sie vorhanden war. Wenn in dem folgenden Durchschnitt (Fig. 212) *a b*

Fig. 212.

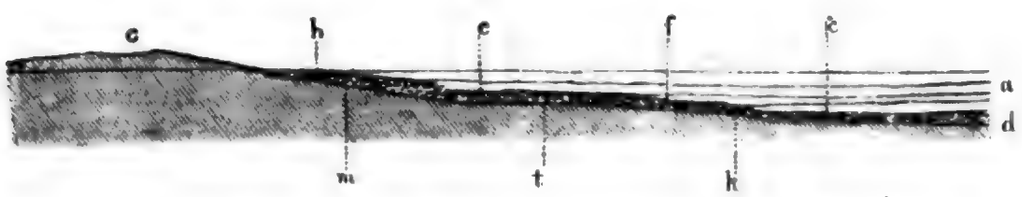


den Spiegel des Meeres darstellt, der constant oder beinahe constant ist, und *c v d* die Contour irgend einer Landmasse, die theils in der Atmosphäre und theils unter dem Meere ist, und *o o o o* die Tiefe,

bei welcher Meerespflanzen, die zur Nahrung eines gewissen Theiles der Meeresfauna dienen, gedeihen, so würde der Littoraltheil dieser Fauna sich nach xx' bei einer Submersion des Landes nach lf bewegen und zu gleicher Zeit ein Theil des von Thieren bei grösserer Tiefe bewohnten Meeresbodens sich senken, so dass diese sich wahrscheinlich ebenfalls über den Wohnplatz von anderen bewegten, die früher geringeren Tiefen angepasst waren. Wenn die Submersion fortdauert und die Linie gh erreicht, so werden die Ufer noch weiter bis yy' kommen, mit denselben allgemeinen Folgen, wie vorher, und so auch mit der Senkung bis ik. Wenn sie bis lm reichte, so werden das ganze früher über dem Wasser befindliche Land unter demselben und die Geschöpfe des Littorals verschwunden sein, als es np erreichte. Bei einer Grösse der Senkung, die durch die Linie st dargestellt ist, war das ganze frühere Festland mit seinen Ufern und benachbartem seichten Meere unterhalb der Tiefen der Meeresvegetation. In diesem Durchschnitt sind die wahrscheinlichen Folgen der Wirkung der Brandung auf das submersirte Land, die es ebnete, ebenso wie die grossen Bänke von Neufundland Land gewesen sein mögen, das bis zu einem gewissen Grade während einer allmäligen Submersion nivellirt wurde, nicht angegeben, um die Darstellung einfacher zu machen. Während einer Submersion ist indessen diese Thätigkeit wohl zu beachten, so dass der daraus hervorgehende Detritus, der über das versunkene Land sich verbreitet und die Reste des thierischen Lebens mit allen seinen Verschiedenheiten begräbt, wobei die Geschöpfe des tiefen Wassers sich über die des seichten Wassers und die Littoralarten verbreiten, nicht vernachlässigt wird.

Bezüglich dieser Bedeckung von Sedimentärablagerungen, die die Reste von Littoralarten enthalten, durch andere, die die Arten begraben, welche gleichzeitig das tiefere benachbarte Wasser bewohnen, dient der folgende Durchschnitt, Fig. 213, um die Art und Weise zu

Fig. 213.



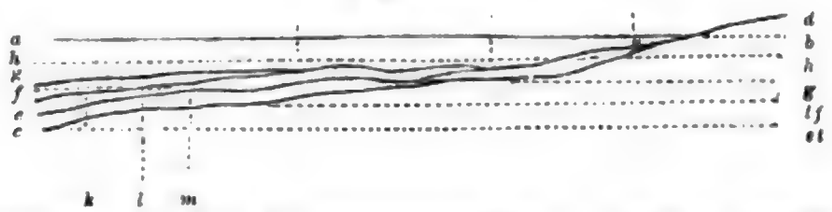
zeigen, wie dieses während der Submersion des Landes und seiner Ufer bewirkt werden kann und bewirkt wurde. Wenn ab das Niveau des Meeres darstellt und cd eine Landoberfläche und sein Ufer, welches allmälig unter das Niveau gesenkt wurde, e die Littoralbildungen, als k die Küste war, f und g diejenigen, als die Meeresgrenze bei l und m war, wie h in der Zeit des Durchschnitts, so werden immer tiefere Wasser auswärts in der Richtung ad sein. Darum können zwar je nach den Umständen verschieden mächtige Ablagerungen $efgh$ die

Digitized by Google

Oberfläche des sich senkenden Landes bedecken und die Reste von littoralen Meeresthieren umschliessen, aber diese werden in der Richtung nach aussen und während der Senkung durch dorthin transportirte sedimentäre Ablagerungen bedeckt und bilden dort eine entsprechende Reihe von mit ihnen vermischten thierischen Meeresresten, die so weit verschieden waren, als das tiefere Wasser von dem littoralen Thierleben der Zeit verschieden war. So können zahlreiche Arten, die wirklich gleichzeitig mit denen unter ihnen begraben waren, in gewissen Durchschnitten als Schöpfungen im Fortschreiten der geologischen Zeit auf sie zu folgen scheinen, und diese Erscheinung sich selbst auf die Reste derer erstrecken, die in den tiefsten Wassern jener Zeit und jenes Ortes lebten, als irgend eine grosse Masse festen Landes submersirt wurde.

Bei allmäligen Emersionen des Landes konnten grosse Flächenräume trocken gelegt werden und Schichten von nicht gleichzeitig gebildeten sedimentären Massen liefern, die doch littorale Molluskenarten in grosser Menge enthalten, und diese von derselben Art sein, wenn keine Veränderung in jenem Theile des thierischen Lebens der Localität und Zeit während des Aufsteigens des Landes und Meeresbodens stattgefunden hat. Würde der Meeresboden um die Britischen Inseln allmälig erhoben, so dass die Grenzlinie sich nicht weiter als 100 Faden Tiefe erstreckte (Fig. 65, S. 90), so würden die Reste von Littoralmollusken in den Ablagerungen der Zeit zerstreut, als die Ufer sich ausdehnten und die von anderen und gleichzeitigen Mollusken bedecken. Wenn *a b* in dem folgenden Durchschnitt (Fig. 214) das Niveau des

Fig. 214.



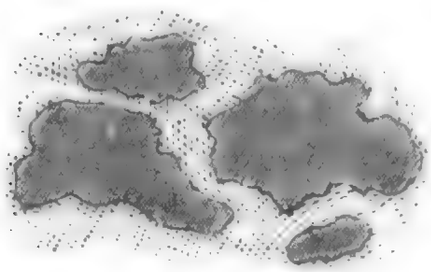
Meeres darstellt, *c d* eine Gesteinsoberfläche, welche theils über dem Meere und theils darunter ist, und *e* eine Ablagerung, welche sich bis *r* erstreckt, so würde sie die Reste von Mollusken enthalten, welche die verschiedenen Tiefen bewohnen, mit Einschluss der Tiefe, bei welcher sie die vom Winde bewegten Wellen nach dem Ufer forttreiben konnten. Wenn das Land jetzt erhoben wird, so dass das relative Meeresniveau durch *h h'* dargestellt ist, so wird eine Ablagerung *f*, die sich bis *s* erstreckt, sich unter ähnlichen Verhältnissen befinden, wie die früher gebildete und sich bis *r* hin erstreckende, und so fort mit einer Ablagerung *g*, die bis nach *t* hin geht. So werden auf einander folgende Schichten *k l m* gebildet, die wahrscheinlich die Reste von Mollusken enthalten, und die Vermischung von vielen durch die Thätigkeit der Wellen an seichten und den Tiefen *h h'*, *g g'*, *f f'*, *e e'* ent-

Digitized by Google

sprechenden Stellen gestatten, so dass unter sonst gleichen Umständen diese Reste in den Durchschnitten den sedimentären Ablagerungen ähnlich sind, welche nicht den allgemeinen Ebenen dieser Ablagerungen entsprechen, sondern anderen, die die Verhältnisse des Littorals, des seichten oder tiefen Wassers von auf einander folgenden Zeiten repräsentiren, je nachdem der Fall ist.

Diese Modificationen aus den angeführten Ursachen müssen wohl beachtet werden, wenn man gewisse organische Reste als charakteristisch für die Ablagerungen einer besonderen geologischen Zeit betrachtet. Wenn man solche in grösserer Menge in den Ablagerungen eines bestimmten Flächenraums findet, oder sie darauf beschränkt sind, und wenn diese als Reste von Thieren erscheinen, welche in oder nahe an den Orten gelebt haben, wo sie gefunden werden, so muss die Art des Grundes, die wahrscheinliche Wassertiefe und die Nähe oder Entfernung von dem Festland jener Zeit gesucht werden, so dass die Verhältnisse, unter welchen die Geschöpfe selbst lebten, richtig gewürdigt werden. Bei solchen Untersuchungen wird man oft finden, dass die Art des Grundes wesentlich die Menge und Vertheilung dieser besonderen Thiere influencirte, so dass, wenn eine Veränderung in den abgelagerten Sedimenten statthatte, dieselben sich anderswohin bewegten, und selbst in derselben Menge als vorher auf denselben Flächenraum zurückkehrten, wenn die für sie geeigneten Verhältnisse wiederkehrten. Wenn in dem folgenden Durchschnitt (Fig. 215) die schattirten Theile kleinere Flächen von Schlamm darstellen, die im Sande verbreitet sind, so lässt sich erwarten, dass die Geschöpfe, deren Lebensweise sie den einen oder den anderen vorziehen lässt, sich innerhalb des besonderen Meeresbodens halten, so dass, wenn im Verlauf der Ablagerung dieser Boden modificirt wird, so dass Sand über den Schlamm getrieben oder abgelagert wird, oder umgekehrt, die Thiere diesen Modificationen nach ihrer Lebensweise folgen. So können in gegebenen Durchschnitten solchen Meeresbodens Streifen von verschiedenen Arten von ihnen von eigenthümlichen organischen Resten begleitet sein, indem die Thiere, von denen sie herrührten, bloss ihren Aufenthaltsort je nach den Umständen wechselten, und dergestalt gleichsam Abwechslungen von verschiedenen Arten von Meeresboden hervorbrachten. Blickt man auf die Bedingungen, welche heutigen Tages die Existenz des thierischen Lebens im Meere sowohl in Bezug auf die relative Lage seiner verschiedenen Theile als die Vertheilung von ähnlichen Thieren beherrschen, so scheint sehr grosse Sorgfalt bei der Annahme nöthig, dass bestimmte Arten für bestimmte geologische Perioden charakteri-

Fig. 215.



stisch sind, wenn man nicht die Art ihres damaligen Vorkommens beachtet. Es ist sehr nöthig, dass die wahrscheinliche Lebensweise dieser Arten in's Auge gefasst wird, so dass eine gehörige Wichtigkeit auf andere und gleichzeitige Arten gelegt wird, deren Reste ebenso werthvoll in zusammenhängenden oder gleichzeitigen unter veränderten Bedingungen anderswo gebildeten Ablagerungen sind. Wenn dies nicht geschieht, so können oft Littoralarten, welche sehr charakteristisch für die Ufer einer bestimmten Region sind, vergebens in den gleichzeitigen Ablagerungen in den tiefen Meeren anderer Gegenden gesucht werden, während keine Spur von Arten der Hochsee gefunden werden kann, die anderswo in derselben geologischen Zeit in Ablagerungen des seichten Wassers und des Littorals häufig sind.

Die Versteinerungen führenden Kalkablagerungen verschiedener Zeiten sind häufig von einem so gemischten Charakter, dass sie besondere Sorgfalt erheischen. Es sind oft bloss Schichten organischer Reste, welche durch kohlensauren Kalk cementirt sind, der nach der Ablagerung auf Kosten der organischen Reste selbst gebildet wurde. Andere Male indessen sind sie offenbar auf die früher (S. 106) erwähnte Weise durch Ablagerungen aus Lösungen des doppelt kohlensauren Kalkes gebildet worden. Viele Kalksteine müssen zur Erforschung der Art ihrer Bildung sorgfältig untersucht werden. So giebt es Kalksteine, die für das unbewaffnete Auge keine Spur von organischen Resten darbieten, aber man findet mit dem Mikroskop, dass sie ganz daraus bestehen. Manche Schichten des Bergkalkes in England zeigen sich voll von organischen Resten, wo man sie nicht vermuthete. Selbst wenn durch die Wirkung atmosphärischer Einflüsse Versteinerungen von viel grösseren Dimensionen, die leicht für das nackte Auge sichtbar, und oft einen halben Zoll und mehr breit oder lang sind, gefunden werden, kommt es oft vor, dass der gewöhnliche Bruch des Kalksteins sie gar nicht zeigt. Wir meinen hier nicht die Reste von Enkriniten, Echiniten und einigen anderen Fossilien, die der Beobachter wegen ihrer Spaltbarkeit nach den Flächen des Kalkspathrhomboëders leicht unterscheiden lernt, sondern andere, die weit weniger leicht entdeckt werden. Die schönsten Muscheln zeigen sich auf diese Weise bisweilen beim Untersuchen einer verwitterten Oberfläche, wo man im gewöhnlichen Fall keine Spur wahrnimmt.

Es ist jetzt wohl bekannt, dass gewisse kieselige, kalkigkieselige und kalkige Schichten fast ganz aus kleinen organischen Resten bestehen, die durch das blosse Auge nicht unterschieden werden können. Die Geologen verdanken unsere Fortschritte in dieser Beziehung den ausgezeichneten Untersuchungen von Ehrenberg, der gezeigt hat, wie verbreitet Infusorienreste sind, wie sie selbst Ablagerungen von beträchtlicher Mächtigkeit bilden, und wesentlich zum Volumen von

Digitized by Google

anderen beitragen. Mögen diese mikroskopischen Körper nun Pflanzen oder Thiere sein, ihre geologische Wichtigkeit bleibt dieselbe.

Bei den hauptsächlich aus organischen Resten gebildeten Ablagerungen ist die wahrscheinliche chemische Zusammensetzung dieser Reste bei ihrem ersten Absatz nicht ausser Acht zu lassen. Man findet dann, dass auch die Magnesia, die in Kalksteinen so häufig ist, sehr oft von solchen Resten herrühren kann, namentlich von Korallen, die, wie bereits früher bemerkt wurde (S. 159), im frischen Zustande Magnesia enthalten. Gleiches ist der Fall mit den Kalkphosphaten, der Kieselerde und anderen Substanzen. Ganze Schichten können aus den härteren Theilen von Infusorien gebildet sein, so dass, wenn dieses kieselige Theile infusorieller Pflanzen sind, diese oder die Kieselnadeln mancher Schwämme keine geringe Menge von Kieselerde in Ablagerungen von verschiedenem Charakter verbreiten können.

Durch sorgfältige Untersuchung der Verhältnisse, unter denen sich die Reste von verschiedenen Süsswasser- oder Meeresthieren in Gesteinen finden, deren Ablagerung im Wasser offenbar ist, und eben so durch Aufmerksamkeit auf die Art, in welcher die Reste von Landthieren mit Einschluss von Insecten sich mit diesen mischen, wird sich der Beobachter häufig wesentlich in seiner Kenntniss der wahrscheinlichen physikalischen Geographie von beträchtlichen Flächenräumen in gegebenen geologischen Zeiten unterstützt finden. Mit dieser Kenntniss und der nöthigen Rücksicht auf die verschiedene Vertheilung lebender Wesen jener Zeit, und der Masse und Art der in derselben Periode abgelagerten Mineralstoffe kann er die Veränderungen und Modificationen verfolgen, welche gleichzeitig in den Flüssen und Seen, im Binnenlande oder in den Meeren in verschiedenen Zeiten in solchen Theilen der Erdoberfläche stattgefunden haben. Betrachtet man diese Oberfläche als ein Ganzes, so ist es schwierig zu begreifen, dass die Verbreitung lebender Wesen bei der Annahme grosser Veränderungen in dieser Verbreitung im Laufe der Zeit sich nicht den Verhältnissen anpassten, wie sie nach einander entstanden, und welche die Erdoberfläche an einem Orte mehr als an einem anderen modificirten, so dass grosse Sorgfalt nöthig ist, die localen Wirkungen von den allgemeinen zu trennen, die in angenommenen gleichen Perioden oder während einer langen Aufeinanderfolge von solchen stattgefunden haben. Neuere Untersuchungen führen uns zwar auf der einen Seite auf viele grosse Veränderungen im thierischen und vegetabilischen Leben während der Anhäufungen der verschiedenen Ablagerungen, in welchen ihre Reste erhalten wurden, aber sie lehren uns auf der anderen, dass Formen, die man meist nur auf jüngere Ablagerungen beschränkt glaubte, auch schon in weit entfernteren Zeiten existirt haben. Während es wahrscheinlich ist, dass die Beweise von grossen Veränderungen während des Verlaufs geologischer Zeiten, in der Vegetation und in den Thie-

Digitized by Google

ren, welche auf der Erdoberfläche existirt haben, durch weitere Untersuchungen nur bestätigt werden können, so scheint es ebenso wahrscheinlich, dass Untersuchungen, die mit der gehörigen Rücksicht auf die wechselnde physikalische Geographie verschiedener geologischer Perioden geführt werden, die Nothwendigkeit darthun, die wahrscheinlichen Ursachen ausfindig zu machen, welche neue Verhältnisse von Land und Wasser zu verschiedenen Zeiten hervorriefen, und die Verbreitung organischer Wesen in solchen Zeiten in Uebereinstimmung mit den Gesetzen zu studiren, welche diese Vertheilung in der Jetztzeit beherrschen, wobei man indessen die Verhältnisse nicht vergessen darf, die auf eine allmälige Abnahme der Wärme der Erde folgen würden, wenn man zuletzt findet, dass eine gleichmässigere Temperatur der Erdoberfläche, als die Sonne gewährt, zur Vertheilung des thierischen und pflanzlichen Lebens in den früheren Perioden seiner Existenz auf unserem Planeten nöthig ist.

Feurige Producte früherer Zeit als die heutigen Vulkane.

Wie früher bemerkt wurde, ist die Unterscheidung zwischen den Producten thätiger und erloschener Vulkane mehr eine Sache der Convenienz als der Wirklichkeit, und dasselbe kann bis zu einem gewissen Grade auch in Bezug auf die Unterschiede zwischen den oben berührten und den jetzt zu erwähnenden Producten bemerkt werden. Durch die Zusammenstellung feuergebildeter Producte nach den verschiedenen geologischen Zeiten, welchen sie angehören, hat der Beobachter die Mittel, nicht nur die Art ihres Vorkommens, sondern auch die Beständigkeit oder Veränderlichkeit der Elementarsubstanzen zu studiren, die in ihrer Zusammensetzung während des Verlaufs geologischer Perioden eintreten.

Die uns durch ihr Ansehen bekannten feuergebildeten Gesteine auf der Oberfläche der Erde sind hinreichend verbreitet, um eine annähernde Schätzung ihrer Elementarbestandtheile zu gestatten. Im Ganzen genommen, sind es hauptsächlich Oxyde von Körpern, die als einfache betrachtet werden, und eins dieser Oxyde, das des Kiesels, spielt die Rolle einer Säure und verbindet sich mit einer grossen Menge der anderen Oxyde. Kieselsäure herrscht im freien oder gebundenen Zustande in gewissen Gesteinen mehr vor als in anderen; aber es giebt wenige feuergebildete Producte, die in grösserer Menge vorkommen, welche nicht hauptsächlich aus Kieselerde oder Silicaten bestehen. Die einfachen Körper, welche mit Kiesel diese Masse von Material bilden, von welchem die sedimentären Ablagerungen mit kleineren Ausnahmen mehr oder weniger direct oder indirect im Lauf der Zeit abgeleitet sind, sind nicht zahlreich. Es sind hauptsächlich Aluminium,

Digitized by Google

Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen und Mangan, also acht Substanzen mit dem Kiesel, welche elementar sind, alle verbunden mit einem anderen Elemente, dem Sauerstoff, welche die grosse Masse der uns bekannten feuergebildeten Gesteine zusammensetzen. Von anderen Elementen, die im kleineren Maasse an ihrer Zusammensetzung Theil nehmen, sind wahrscheinlich Schwefel, Bor, Lithium und Fluor nebst Wasserstoff die wichtigsten, der letztere, soweit er in die Zusammensetzung des Wassers eintritt, welches als ein wirklicher Bestandtheil dieser Gesteine betrachtet werden kann. Es finden sich ohne Zweifel noch andere einfache Substanzen in diesen Producten an verschiedenen Orten, die mitunter selbst eine ziemliche Bedeutung erlangen, aber im Ganzen setzen die neun oben erwähnten Elemente und in kleinerem Maasse die vier anderen die grosse Masse der feuergebildeten Gesteine jeden Alters zusammen.

Dass ein so grosser Theil der Masse dieser Gesteine aus der Verbindung des Sauerstoffs mit einigen wenigen einfachen Substanzen besteht, und dass die Verbindung des Sauerstoffs mit einem von ihnen eine so wichtige Verbindung zu weiterer Vereinigung mit den anderen Oxyden ausmacht, ist für sich selbst von nicht geringem Interesse, wenn man einen Zusammenhang zwischen den feuergebildeten Gesteinen aller geologischen Perioden und den Substanzen unter dem äusseren und fest gewordenen Theil der Erde während desselben Zeitverlaufs verfolgt. Kieselerde macht etwa 45 Procent von der Felskruste der Erde aus, und der in der Kieselerde enthaltene Sauerstoff bildet darum allein wenigstens 26 Procent dieser Rinde. Rechnet man dazu die Menge des Sauerstoffs in den anderen Oxyden, so wird der Procentgehalt bedeutend vermehrt, so dass, wenn diese Substanz als frei von ihrer Verbindung mit den gesteinbildenden Elementen und in Gasform betrachtet wird, ihr Volum ungemein bedeutend wird *).

Beim Studium dieser Gesteine wird man erfahren wollen, wie weit wir Beweise haben, dass die feuergebildeten Gesteine in der Weise von solchen ausgeworfen wurden, die von thätigen Vulkanen in verschiedenen geologischen Zeiten herrühren. Während gewisse Theile der Erdoberfläche von sehr frühen Perioden bis zu dem heutigen Tage in einem von feuriger Thätigkeit unberührten Zustande geblieben sind, so sind andere dieser Thätigkeit während desselben Zeitraums häufig unterworfen gewesen, und alle Länder gewähren nicht die nöthigen Bedingungen für diese Art der Untersuchungen, so interessant sie auch sonst in geologischer Beziehung sein mögen. Auf den Britischen Inseln, die so viele Küsten und andere natürliche Durchschnitte darbieten und die so sehr von den Arbeiten des Bergmanns und Ingenieurs

*) Das Sauerstoffvolum wird noch beträchtlich vermehrt durch den Sauerstoff des Wassers.

Digitized by Google

durchschnitten und durchbohrt sind, findet man glücklicher Weise unter den älteren versteinerungsführenden Ablagerungen viele Beweise gleichzeitiger feuergebildeter Producte. Feuergebildete Gesteine finden sich so mit den sedimentären Ablagerungen der silurischen Reihe verbunden, die besonders schön in Wales und in den Grafschaften Wicklow, Wexford und Waterford an den gegenüberliegenden Küsten von Irland auftritt, dass der Geologe ausgezeichnete Gelegenheit zu Beobchtungen hat. Er findet, dass die feuergebildeten Producte, die so mit diesen alten Versteinerungen führenden Ablagerungen vorkommen, in solche eingetheilt werden können, die ihre jetzige Lage als geschmolzene Massen eingenommen haben, und in solche, die sich mit ihnen durch die Wirkung des Wassers gemischt haben, nebst gewissen anderen Ablagerungen, die auf eine mechanische Weise entweder an der Luft oder unter der Oberfläche des Wassers angehäuft wurden.

Unter Beachtung der Art und Weise, auf welche die Producte heutiger Vulkane in die Luft oder ins Wasser ausgeworfen werden und sich mischen, muss der Geologe die Unterschiede oder Aehnlichkeiten aufsuchen, wenn sich ihm dazu Gelegenheit bietet. Einmal besitzt er nicht die Vortheile von Oberflächen, die sich ihm gewöhnlich in thätigen vulkanischen Districten darbieten, oder solcher, wie in Frankreich, welche nicht von der Thätigkeit des Meeres auf ihnen betroffen worden sind, sondern er findet Massen von Gesteinen, von welchen die feuergebildeten Producte nur einen Theil ausmachen, die aus der Stellung herausgedrängt sind, in der sie ursprünglich gebildet wurden, wobei die feurigen Ablagerungen oft mit den wässerigen, mit welchen sie vergesellschaftet sind, gebogen und gekrümmt vorkommen. Diese Districte sind überdies oft die blossen Wracke von dem Schlamm, Schlich und Sand des früheren Meeresbodens, verbunden mit feuergebildeten Producten, indem grosse Theile durch entblössende Ursachen entfernt wurden, so dass nicht nur die Masse im Allgemeinen gedrückt, gebogen, geknickt und bisweilen zerbrochen, sondern Theile davon ganz entfernt wurden. Deshalb ist keine geringe Sorgfalt und genaue Untersuchung zur Feststellung der Thatsache nöthig, damit im Geiste alle Theile wieder genügend an ihren Platz kommen. Doch kann dies allerdings oft mit hinreichender Genauigkeit geschehen.

Bei den feuergebildeten Producten, die mit den silurischen Gesteinen in Wales und Irland vorkommen, sind besonders zwei Arten vorherrschend. In der einen findet sich Feldspath, und in der anderen ist Hornblende mit diesem in einem gleichen und selbst grösseren Verhältniss gemischt. Wer mit Ländern bekannt ist, die sich noch in vulkanischer Thätigkeit befinden, könnte darin im Allgemeinen eine Aehnlichkeit mit den dort vorkommenden Trachyten und Doleriten finden, sowie auch mit den unter dem Namen der Trachydolerite unterschiedenen Gesteinen. Geht man noch weiter in der Untersuchung, so findet

Digitized by Google

man, dass einige von diesen alten vulkanischen Producten mechanisch mit Substanzen gemischt sind, die einst gewöhnlichen Schlamm, Schlich, Sand und selbst Conglomerate bildeten, und uns an die Mischung von Aschen und Rapillen erinnern, die von heutigen Vulkanen ausgeworfen werden und sich mit den sedimentären Ablagerungen mischen, welche sich um oder in der Nähe von manchen thätigen vulkanischen Mündungen der heutigen Zeit bilden. Selbst Rapillen kann man in den Schichten entdecken, die aus etwas mehr als den feuergebildeten Substanzen selbst gebildet sind. Diese Erscheinungen allein führen einen Beobachter darauf, die alten feuergebildeten Gesteine mit Rücksicht auf gewisse Resultate der modernen vulkanischen Thätigkeit zu betrachten, und er wird wahrscheinlich nicht weniger auf dieses Verfahren geführt werden, wenn er, wie es häufig vorkommt, organische Reste mit ihnen findet, entweder allein oder mit gewöhnlichem Detritus gemischt, und welche darin ganz auf dieselbe Weise erhalten sind, wie in vulkanischem Tuff, der mit den gewöhnlichen Schlamm, Schlich und Sandablagerungen der heutigen Zeit gemischt ist. Er wird auch bisweilen die organischen Reste in dünnen Schichten gelagert finden, wie bei gewöhnlichen sedimentären Ablagerungen, welche in gleicher Weise den Boden von alten Meeren darstellen, der mit den härteren Theilen von Mollusken, Trilobiten und anderen Meeresthieren jener Zeit überstreut ist.

Der Geologe kann bisweilen auf diese Weise in dünnen Schichten vorkommende organische Reste entdecken, wo das Material der Muschenschalen noch in Schichten von harten und festen Gesteinen erhalten ist, die unter dem Hammer klingen und beim ersten Anblick erscheinen, als wenn sie in einem geschmolzenen Zustande geflossen wären. Solche Schichten von festgewordener feuergebildeter Masse, die im Wasser abgelagert wurde, sind oft sehr täuschend und erheischen keine geringe Sorgfalt, um sie nicht mit den Gesteinen zu verwechseln, welche wirklich in einem geschmolzenen Zustande zwischen denen geflossen sind, mit welchen sie oft vergesellschaftet vorkommen. Nicht nur in den Fällen, wo solche Schichten organische Reste enthalten, sondern auch, wo keine Spur von ihnen entdeckt werden kann, ist grosse Sorgfalt nöthig. Meistens zeigt dann die mikroskopische Untersuchung, dass sie aus Fragmenten von feuergebildeten geschmolzenen Producten bestehen, in welchen die feldspathigen oder hornblendeartigen Mineralien verschiedentlich vorherrschten, und dass diese Fragmente eckig sind. Wenn Rapillen, hauptsächlich solche, die das Ansehen von Bimsstein haben, mit diesen Ablagerungen gemischt sind, so hat es gewöhnlich geringe Schwierigkeit, ihren wahren Charakter zu bestimmen, und sie nehmen dann das Ansehen von solchen an, die aus der Ablagerung von den Aschen und Rapillen hervorgehen, welche heutigen Tages aus vulkanischen Oeffnungen ausgeworfen werden, hauptsächlich von solchen,

Digitized by Google

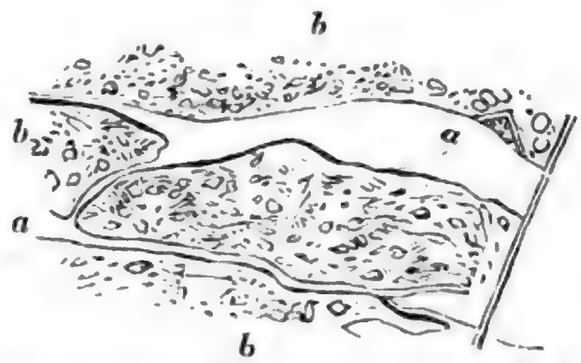
die im Wasser durch den Fall von vulkanischen Aschen und Rapillen in dasselbe gebildet wurden und jetzt darüber erhoben sind, so dass sie der Beobachtung zugänglich wurden, wie in der Nachbarschaft des Vesuvs, Aetnas und einiger anderen thätigen Vulkane, welche Aschen und Rapillen in die benachbarten Meere geworfen haben, wobei eine Niveauveränderung statthatte und Theile des früheren Meeresbodens erhoben wurden.

Diejenigen, welche die Structur der vulkanischen Tuffe der heutigen Zeit mit Aufmerksamkeit untersucht haben, werden von der Aehnlichkeit vieler Ablagerungen feuriger Producte, die mit den silurischen Gesteinen von Wales und Irland vorkommen, mit manchen von diesen Tuffen überrascht, besonders solchen, wie der Palagonit und einige andere, die fest geworden und verändert sind, so dass die ursprünglichen kleinen Körner der ausgeworfenen Aschen und Fragmente zu einer gemeinsamen und auf den ersten Anblick fast homogenen Substanz geworden sind. Während an manchen Orten der plattenförmige Charakter der Schichten und die Gegenwart organischer Meeresreste, die auf dieselbe Weise wie in irgend einer anderen sedimentären und damit vergesellschafteten Ablagerung vorkommen, auf ihre Ablagerung unter dem Meere deuten, erinnern Aschen und bisweilen Rapillen, die aus den Vulkanen der Zeit und des Ortes kamen und in ausgedehnten und verhältnissmässig dünnen Schichten geordnet sind, und andere Male die Conglomerate und Breccien feuergebildeter Gesteine, die mit altem vulkanischen Tuff gemischt sind, und die Durchsetzung des Ganzen mit Gängen und Adern von geschmolzenen feldspathigen und Hornblendegesteinen verschiedener Art, den Beobachter an eine confuse Mischung von Substanzen in dem Körper eines Vulkans selbst, zum Theil an der Luft, zum Theil im Wasser, welche Massen von anderen Ablagerungen begraben wurden, als sie sich senkten. Von den natürlichen, in Wales und Irland blossgelegten Durchschnitten ist vielleicht der an den Küsten der Grafschaft Waterford, zwischen Tramore und Ballyvoil-Vorgebirge, eine Strecke von 15 engl. Meilen, der belehrendste. Mächtige Massen dieser feuergebildeten Gesteine finden sich dort in grösster Mannigfaltigkeit, und geschmolzene Massen von verschiedener Art und Formen schicken Gänge aus und durchsetzen ebenso die gewöhnlichen sedimentären Ablagerungen, die vor diesen Ausbrüchen gebildet wurden, wie die feuergebildeten Substanzen jener Zeit. Conglomerate und Breccien finden sich in verschiedenen Formen aufgehäuft und sind durch feuergebildete Stoffe cementirt, die offenbar als Aschen ausgeworfen wurden, und alte aus kleineren Fragmenten gebildete Tuffe beobachtet man an verschiedenen Stellen, während man Beispiele von Ablagerungen verschiedener Art sieht, die im Ansehen und Charakter verändert sind, wo geschmolzene Masse in sie ergossen wurde. Es giebt noch eine Menge kleiner, aber in ihrer Verbindung interessanter Umstände, die sich auf

Digitized by Google

die feuergebildeten Producte und die Art ihrer Ablagerung in dieser früheren geologischen Periode beziehen. Was das Eindringen geschmolzener Masse in die Conglomerate und Breccien angeht, so ist der folgende Durchschnitt, Fig. 216, westlich von der Kilfarrasy-Spitze, belehrend, indessen sind andere eben so interessante ziemlich häufig.

Fig. 216.



a a dichtes eruptives Gestein, in welchem die Bestandtheile des Feldspaths vorherrschen; *b b b* Conglomerat und Breccie, die aus verschiedenen Theilen feuergebildeter, hauptsächlich feldspathiger Producte bestehen, und durch eine Masse cementirt sind, welche vulkanischem Tuff gleicht.

Solche Districte müssen offenbar im Grossen und Ganzen studirt werden. Zum Beispiel würde der Durchschnitt an der Küste von Waterford, so belehrend er auch ist, für sich allein genommen keineswegs hinreichen. Es ist nöthig, ihn mit Bezug auf die Art des Vorkommens ähnlicher Ablagerungen längs der ganzen Gebirgskette zu betrachten, und von da nordwärts durch die Grafschaften Waterford, Wexford und Wicklow. Wenn dieses geschehen ist, so sieht man, dass die Durchschnitte an der Küste von Waterford einen Theil der Erscheinungen bilden, die auf das relative Alter der feuergebildeten Ablagerungen in dieser Zeit hinweisen, eine Periode, die noch vor Bildung der jüngeren Grauwacke (*old red sandstone*) im Süden von Irland stattfand, da diese feuergebildeten Gesteine, wie auch die silurischen Schichten vor ihrer Ablagerung erschüttert, gebogen und gekrümmt waren, und diese jüngere Grauwacke lagert nicht nur ungestört auf den verworfenen Gesteinen, sondern enthält auch Stücke von den letzteren, mit Einschluss von eruptiven Substanzen.

Bei einer solchen beträchtlichen Aehnlichkeit mit den Producten moderner Vulkane und ebenso der Aehnlichkeit der in ihnen vorkommenden Elementarbestandtheile wird der Geologe die Beweise einer den heutigen Vulkanen ähnlichen feurigen Thätigkeit auch in anderen Gebirgsschichten erwarten dürfen. Für die Beweise dieser Thätigkeit wird er nothwendiger Weise in sehr verschiedene Gegenden blicken; denn es ist nicht nur nothwendig, dass es feurige Producte dieser Art in allen geologischen Zeiten in verschiedenen Theilen der Erdoberfläche gegeben hat, bisweilen an diesem, bisweilen an jenem Orte, sondern sie müssen auch bei der jetzigen Vertheilung von Land und Wasser für die Beobachtung zugänglich sein, was sehr oft nicht der Fall sein wird. Für diese Untersuchungen bietet England ebenfalls ein geeignetes Feld dar. In Devonshire und Cornwall findet man die Beweise von einer

Digitized by Google

Fortdauer derselben eruptiven Thätigkeit in einer späteren Periode zwischen Ablagerungen, von denen einige in die Zeit des alten rothen Sandsteins gehören, andere jünger und noch andere vielleicht älter sind. Zwischen den Ablagerungen von Cornwall und Devonshire findet man Schichten, die augenscheinlich aus den vulkanischen Aschen und anderen Ablagerungen eruptiver Massen gebildet sind, und einige Gesteine sind offenbar in geschmolzenen Massen ergossen worden und haben die früher gebildeten Ablagerungen durchbrochen. Gute Durchschnitte finden sich bei niederem Wasserstande am Tamar, bei Saltash, wo devonische Gesteine, geschmolzene Producte und andere Ablagerungen von feurigem Ursprung vorkommen. An manchen Orten gehen die vulkanischen Aschen jener Zeit in die gewöhnlichen sedimentären Massen über, die damit vergesellschaftet sind, und zwar ebenso in gleichzeitige zusammenhängende wie in aufeinander folgende Ablagerungen, was in dem einen Falle auf eine allmälige Entfernung von dem Ursprungsorte, wie z. B. einer vulkanischen Mündung hindeutet, in dem anderen auf eine ungleiche Zufuhr über dieselbe Fläche, bisweilen mit Intermission, so dass in den Zwischenräumen die gewöhnlichen Ablagerungen auf einem Meeresgrunde stattfanden. Gute Beispiele dieser Art von eruptiven Ablagerungen mit einer Mischung von festem geschmolzenen Gestein, von denen manche grobkörnige Verbindungen von Feldspath und Hornblende darstellen, findet man in der Richtung vom Davidstow und St. Cletha. In gewissen Aschenschichten findet man viel Kalk, der ihnen als Cement dient. Sie sind so kalkhaltig bei Grylls, südlich von Lesnewth, dass Versuche gemacht wurden, die Masse zum Kalkbrennen zu benutzen.

Bei genauer Untersuchung der Zusammensetzung dieser Schichten von eruptiven Substanzen, welche mit den gewöhnlichen gleichzeitigen Ablagerungen abwechseln, findet man, dass sie sich in Bezug auf die geschmolzenen Producte, die mit der übrigen Masse der Ablagerungen vorkommen, sehr verschieden verhalten. Während viele, wie die Trachyttuffe moderner Zeiten, hauptsächlich aus den Bestandtheilen des Feldspaths gebildet sind, verhalten sich andere mehr wie Dolerittuffe, und enthalten Substanzen, die man gewöhnlich in Augiten und Hornblenden findet, während andere wieder an dem Charakter von beiden Theil nehmen. Da sie wie der gewöhnliche Schlamm und Sand, mit denen sie vorkommen, fest geworden sind, und wie diese dem Durchgang des Wassers durch sie ausgesetzt waren, sowohl dann, wenn sie durch Senkungen tief unter ihr jetziges Niveau begraben waren, als in dem Falle, wo sie wie jetzt atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt waren, so mögen viele von diesen Gesteinen nicht alle ursprünglich in ihnen enthaltene Substanzen enthalten, während sie, wie andere mit ihnen vergesellschaftete Ablagerungen, weitere Mineralstoffe aufgenommen haben können. Es lässt sich leicht denken, dass lösliche

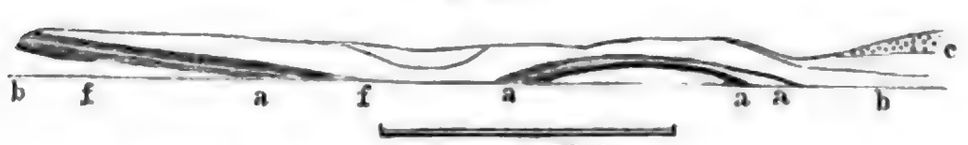
Digitized by Google

Substanzen, wie die Silicate des Natrons und des Kalis, während des langen Verlaufs geologischer Zeit, in der sie Modificationen und Veränderungen ausgesetzt waren, entfernt worden sein können. Aber trotz diesen Schwierigkeiten können doch genaue Analysen sorgfältig ausgewählter Theile bedeutende Aufschlüsse gewähren.

In Derbyshire sieht man ebenfalls eruptive Gesteine mit den gewöhnlichen Ablagerungen vergesellschaftet; in diesem Falle mit dem unter dem Namen des Kohlenkalks oder Bergkalks bekannten Kalkstein, und zwar auf eine solche Weise, dass ihr gegenseitiges Alter offenbar ist. Sorgfältige Untersuchung zeigt, dass in diesem Flächenraum wenigstens und wahrscheinlich noch weit darüber hinaus unter einer Decke von Sand, Schieferthon und Steinkohle, bekannt unter dem Namen des Kohlensandsteins und der Steinkohlenformation, und nachdem eine gewisse Masse von diesen Kalksteinen angehäuft worden, ein Ausbruch und Ueberfliessen von geschmolzenem Gestein stattfand, und unregelmässig Theile davon bedeckte. Und weiter dass nach diesem partiellen Ausbruch die Kalksteinablagerung noch fortdauerte, und wahrscheinlich sich von anderen Orten her verbreitete, wo die Bedingungen zu ihrer Ablagerung ununterbrochen fortgedauert hatten. Bisweilen sieht man, dass eine Thätigkeit des Wassers auf die feuergebildeten Producte vor der Ablagerung der Kalkschichten auf ihnen, wenn nicht auch eine gewisse Zersetzung der ersteren, stattgefunden, indem die sie unmittelbar bedeckenden Kalksteine Fragmente, die oft abgerollt sind, und eine Vermischung mit dem unterliegenden Gestein darbieten, wie sie stattfinden muss, wenn Kalkmassen auf die entblössten und verwitterten Oberflächen des feuergebildeten Gesteins niedergefallen wären. An einigen Orten dieses Districtes fand ein weiterer Ausbruch derselben Art von feurigem Gestein statt, und wurde abermals von Kalksteinschichten bedeckt, so dass in solchen Theilen des Areals zwei unregelmässig gelagerte Schichten von einst geschmolzenem Gestein zwischen die Masse von Kalksteinschichten eingeschlossen sind.

Der folgende Durchschnitt, Fig. 217, von einem Theile dieses Di-

Fig. 217.



1 engl. Meile.

strictes, nach Phillips, dient zur Erläuterung der Art des Vorkommens dieser Schichten von feuergebildetem Gestein, deren Flächenräume nicht übereinstimmen, so dass ein Ausfluss nicht genau den von einem anderen bedeckten traf. In diesem Durchschnitt sind *aa* die feuerge-

Digitized by Google

bildeten Gesteine, die unter dem localen Namen „*toadstone*“ *) bekannt sind, und *b b* die Kalksteine, *c* Schichten von Kohlensandstein und *f f* Verwerfungen.

Natürliche Durchschnitte und bergmännische Arbeiten zeigen, dass die Mächtigkeit dieser geflossenen Schichten sehr wechselt, so dass der Beobachter mitunter die Orte ermessen kann, von denen aus sich die Massen verbreiteten.

Obgleich sich Thonlager zwischen den Kalksteinen in der relativen Lage der feuergebildeten Gesteine finden, von denen manche offenbar nichts weiter als solche Gesteine in einem sehr zersetzten Zustande sind, in welchen die Gemengtheile noch in ihrer ursprünglichen Lage liegen, wie z. B. an der isolirten Kalksteinkuppe bei Crich, die in einer Entfernung von $3^1/_2$ engl. Meilen von der Hauptmasse in Folge des Drucks, dem diese Gesteine und die Kohlenformation über ihnen unterworfen waren, durch den unter dem Namen des Kohlensandsteins bekannten unteren Theil der letzteren hervorsteht, so ist doch die Annahme gewagt, dass alle Thonlager solche Zersetzungen sind, da manche von ihnen sogenannte Unterthone sein können, wie man sie in der Steinkohlenformation findet. Dies um so mehr, als man einen Thon dieser Art, einen wahren Unterthon, bei Matlock Bath findet, wo er ein dünnes Flötzchen von unreiner Kohle in dem oberen Theile der Kalksteinreihe enthält.

Obgleich in dem Falle von Derbyshire eine Entfernung eines Theils der eruptiven Schichten durch die Thätigkeit des Wassers auf ihre entblössten Oberflächen stattgefunden haben kann (und eine genaue Untersuchung der oberen Lage zeigt ebenfalls eine ruhige Ablagerung der auf ihr gebildeten Kalksteinschichten), so sind doch keine Ablagerungen entdeckt worden, die den Schichten von Asche und Rapillen gleichen, welche man, wie oben erwähnt, in Cornwall, Devonshire, Wales und Irland gefunden hat. Es giebt keine Beweise für eine Anhäufung von Asche und Rapillen in der Weise von überirdischen Vulkanen. Wenn solche stattgefunden hätten, und diese unter den Einfluss der Brandung und Strömungen gekommen wären, so dürfte der Geologe erwarten, Theile davon zwischen den Kalksteinschichten zu finden, und solche sind nicht entdeckt worden. Es kann darum leicht der Fall gewesen sein, dass die feurige Masse in einem geschmolzenen Zustande ausgeworfen wurde, ohne Begleitung von Asche und Rapillen, und dies kann sowohl unter dem Spiegel des Meeres als darüber stattgefunden haben.

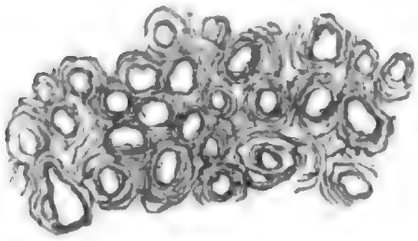
Bei der Untersuchung der Structur des feuergebildeten Gesteins findet man dasselbe theils fest und verschieden deutlich krystallisirt, ein Gemenge von Feldspath und Hornblende, bisweilen mit Schwefel-

*) Vielleicht eine Corruption des deutschen Wortes „Todtliegendes“.

Digitized by Google

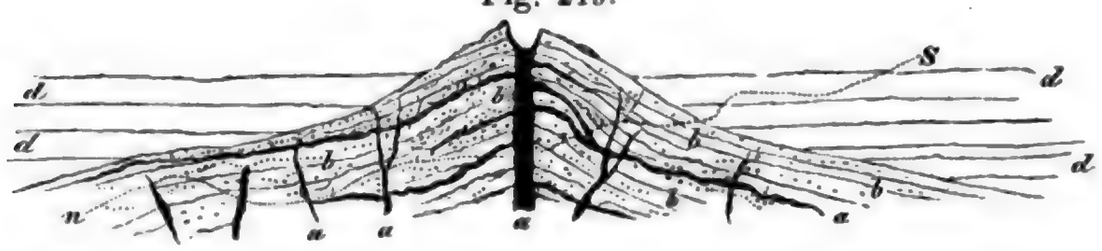
kies. Es ist theils blasig und zwar bedeutend an manchen Orten; die Blasen sind wie gewöhnlich mit Mineralien verschiedener Art gefüllt, wo das Gestein nicht von atmosphärischen Einflüssen berührt worden ist, zeigt indessen den ursprünglichen und blasigen Zustand des geschmolzenen Gesteins, wo die letzteren die fremden Substanzen in ihnen entfernt haben. An einigen Orten ist der schlackige Charakter des Gesteins so auffallend, wie heut zu Tage in manchen vulkanischen Gegenden, und wie bei jüngeren vulkanischen Producten zeigt die Zersetzung bei demselben oft eine kugelförmige Structur. Die folgende Fig. 218 liefert ein Beispiel dieser Zersetzung von Diamond-Hill auf der Südseite von Millersdale, wo die concretionäre Structur etwas im Kleinen entwickelt ist und die Kugeln so gross wie Bomben oder Kanonenkugeln sind.

Fig. 218.



Man sieht hieraus, dass feuergebildete Gesteine so mit den älteren versteinerungsführenden Ablagerungen vorkommen können, dass man die Zeit ihres Ausbruchs bestimmen kann, selbst so, dass in manchen Fällen der Schluss gerechtfertigt ist, dass überirdische vulkanische Mündungen in der Nähe waren, aus denen geschmolzene Massen, Rapillen und Aschen ausgeworfen wurden, wie heutigen Tags, indem die Elementarbestandtheile dieser Massen den Geologen sehr an die von heutigen Vulkanen ausgeworfenen erinnern. Wie bereits bemerkt wurde, muss der Geognost in seinem Geiste die verschiedenen Theile von Ländern, wie die in Cornwall, Wales und Irland, wiederherstellen, er muss die Theile, die jetzt durch Abschwemmung entfernt sind, wieder ersetzen, wenn er diesen Gegenstand mit Rücksicht auf die Zeit, in der diese Feuerproducte ausgeworfen und zwischen den gewöhnlichen sedimentären Ablagerungen jener geologischen Zeit abgelagert wurden, allseitig würdigen will. Der folgende Durchschnitt, Fig. 219, soll einen Vulkan darstellen, der so gelegen ist,

Fig. 219.



dass während Lavaströme ausflossen und Gangausfüllungen *a a a* auf die gewöhnliche Weise statthatten und sich mit an der Erdoberfläche ausgeworfenem Tuff und vulkanischer Breccie *b b b* mischten, in der Nähe und über diesen Producten Ablagerungen unter Wasser gebildet

Digitized by Google

wurden, wobei sich vulkanischer und gewöhnlicher Detritus in derselben oder den benachbarten Schichten mischten.

Als die vulkanische Thätigkeit aufhörte, und der Flächenraum sich senkte, so dass neue und gewöhnliche Ablagerungen *d d d* statthatten, und das Ganze weiterhin ohne Krümmungen und Biegungen erhoben wurde und eine neue Oberfläche *n s* entstand, wie sich aus Fig. 220

Fig. 220.

ergiebt, so sieht man alsbald, dass die Art des Vorkommens feuergebildeter Gesteine zwischen den gewöhnlichen Ablagerungen eine sorgfältige Beachtung und genaues Studium erfordert. Eine oberflächliche Untersuchung giebt nicht die nöthigen Anhaltspunkte, und es ist also eine längere Untersuchung zu einer zuverlässigen Bestimmung nöthig, obgleich man mitunter bei günstigen natürlichen oder künstlichen Durchschnitten eine richtige allgemeine Uebersicht über den Gegenstand erhalten kann.

Wenn feuergebildete Producte nicht auf diese Weise mit den gewöhnlichen Versteinerungen führenden Ablagerungen vorkommen, und oft können sie unglücklicher Weise nicht so günstig studirt werden, so kann ein Geologe immer noch gewisse Thatsachen über die Art ihres Vorkommens im Grossen erhalten. Auch zur Erläuterung solcher Verhältnisse findet sich in England Gelegenheit. Wenn der Granitzug von Wicklow und Wexford, der auch Theile von den benachbarten Grafschaften umschliesst, in Bezug auf die mit ihm in Verbindung stehenden Gesteine untersucht wird, so sieht man, dass gewisse cambrische und silurische Gesteine, deren Streichen der Granit schief durchschneidet, aufgerichtet und in ihrer mineralogischen Structur in Berührung mit dem Granit sehr modificirt und oft an der Berührungsstelle sehr zertrümmert sind, wobei selbst mächtige Massen von ihnen in den Granit eingeschlossen wurden, und der letztere die so gebildeten Höhlungen und Spalten erfüllt, so dass wenig Zweifel ist, dass diese Gesteine vor der Einpressung des Granits gebildet wurden. In so weit erhält der Beobachter bloss Beweise von keiner sehr bestimmten Art in Bezug auf die wirkliche Periode dieser Einpressung, obgleich er in dem erwähnten District sehen kann, dass diese Art eruptiver Thätigkeit nach jener statthatte, welche in demselben Flächenraum den Ausbruch der oben erwähnten Feldspath- und Hornblende-Gesteine bewirkte. Er entdeckt nur, dass die eine Reihe von feuergebildeten Producten durch die andere aufgerichtet wurde. Setzt er seine Untersuchungen fort, so sieht er, dass gewisse Conglomerate des alten rothen Sandsteins ungestört auf dem Granit lagern, und wenn dieses stattfindet, abgerundete Brocken

Digitized by Google

und viel feineren Detritus dieses Gesteins enthalten. Er findet auch, dass, wo dasselbe Conglomerat sich über die gestörten älteren Gesteine mit ihren feuergebildeten Producten erstreckt, abgerundete und eckige Fragmente dieser Producte darin eingelagert sind. Er besitzt jetzt annähernd das Alter des Granits, insofern als derselbe sich erhob, nachdem der Theil der silurischen Reihe gebildet war, welcher dort sich in gestörter Lage befindet, und vor dem Gliede des alten rothen Sandsteins, das durch dieses Conglomerat dargestellt wird. Wir wollen annehmen, dass er Beweise erhalten hat, dass der in seiner Lagerung gestörte Theil der silurischen Reihe der untere ist, und dass das Conglomerat einen höheren oder mittleren Theil der Reihe des alten rothen Sandsteins darstellt, wie er anderswo in den Britischen Inseln entwickelt ist. Dann würde ohne Zweifel eine Art von Intervall in der geologischen Reihe sein, während der das Aufsteigen des Granits stattgefunden haben kann; nichts desto weniger ist der Beobachter durch das angewendete Mittel zu einer gewissen Annäherung von nicht geringem Werthe in Bezug auf das wirkliche relative Alter seines Hervortretens gekommen.

Um die Wichtigkeit solcher Umstände zu zeigen, ist es bloss nöthig, uns nach Devonshire und Cornwall zu wenden, wo in einer verhältnissmässig sehr geringen Entfernung Granit von ziemlich demselben Charakter die Aequivalente der Ablagerungen durchsetzt, welche ruhig den genannten irländischen Granit nach seinem Festwerden bedeckt haben, und die durch das Aufsteigen des Granits von Devonshire und Cornwall veranlasste Störung sich auf den unteren Theil der Steinkohlenformation erstreckte, wie man in dem nördlichen Theil von Dartmoor sehen kann, wo sich Gänge des Granits in jener Richtung in diese sedimentären Gesteine erstrecken, auf dieselbe Weise wie in die silurischen Ablagerungen von Wicklow und Wexford. Auch bei den Graniten von Cornwall und Devonshire ist es nöthig, nach Ablagerungen zu suchen, die so vorkommen, dass sie die geologischen Zeitpunkte darthun, zwischen denen ihr Aufsteigen statthatte. In dem grösseren Theile des Districts finden sich keine Beweise der Art, aber östlich von Dartmoor und von der Fortsetzung der Ablagerung, deren Lagerungsverhältnisse in der Zeit gestört wurden, wo diese Granite aufbrachen, findet man die unter dem Namen der Reihe des neuen rothen Sandsteins bekannten Schichten (Buntsandsteinformation), welche ungestört auf den aufgerichteten Gesteinen ruhen, und die unteren von ihnen enthalten abgerundete und eckige Bruchstücke der letzteren. Es scheint demnach, dass die annähernde Zeit für die Erhebung der Granite von Cornwall und Devonshire in die bis zu jener Zeit stattgehabten Ablagerungen zwischen dem unteren Theile der Steinkohlengruppe und dem unteren Theile der Ablagerungen des neuen rothen Sandsteins stattfand.

Es giebt dergestalt im südöstlichen Irland und südwestlichen Eng-

Digitized by Google

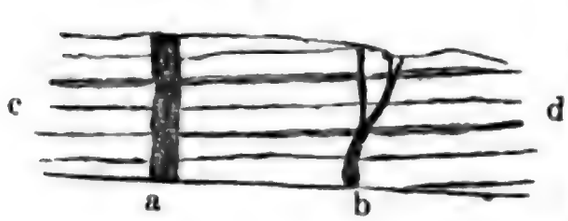
land Beweise für zwei Durchbrüche von Granit in verschiedenen geologischen Perioden, indem verschiedene Gesteine von bekanntem Alter in dem einen Falle in ihren Lagerungsverhältnissen gestört sind, in dem anderen nicht, so dass eine annähernde Zeit für beide Durchbrüche erhalten wird. Wenn in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 221, *a a* eine

Fig. 221.

Masse von Granit ist, welche die sedimentären Schichten *b b* durchbrochen hat, und Gänge in Spalten derselben schickt, und ebenso ihre Mineralstructur an der Berührung modificirt, und *c* eine Ablagerung ist, die abgerundete oder kantige Stücke von *a* und *b* enthält, so folgt, dass, wenn das relative geologische Alter von *b* und *c* bekannt ist, das des Durchbruchs *a a* ebenfalls innerhalb weiterer oder engerer Grenzen bekannt ist, da die Bildung von *b* und *c* in der geologischen Reihe getrennt oder einander genähert sein kann. Dies ist der Fall im südwestlichen Irland. In Devonshire würden die wie früher aus ihrer Lage gebrachten und mit Granitgängen *a a* durchsetzten Schichten *b b* von den Schichten *f* bedeckt sein, die ungestört auf ihnen lagerten und auch Stücke von ihnen enthielten, und hier und da würden feuergebildete Gesteine *e* dazwischen gelagert sein.

Obgleich man das relative Alter des Aufsteigens von geschmolzenen Mineralsubstanzen in Spalten oder früher gebildeten Gesteinen nicht erhalten kann, wenn diese nicht von Ablagerungen bedeckt sind, deren Stellung in der geologischen Reihe bekannt ist, wie z. B., wenn in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 222, *a* und *b* eruptive Gesteinsgänge sind,

Fig. 222.



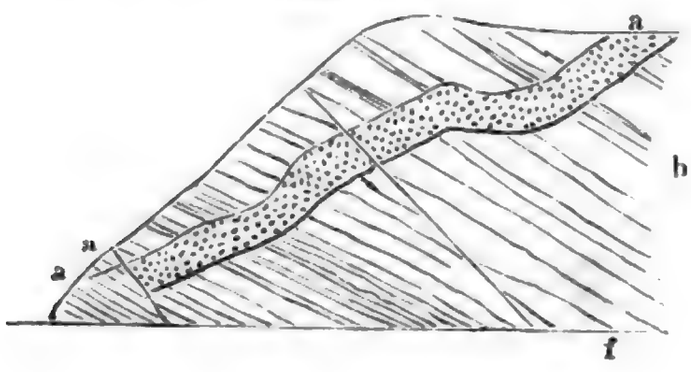
die eine Sedimentärablagerung *c d* durchschneiden und diese nicht von einer Ablagerung von sicherem geologischen Alter bedeckt ist, so bleibt die genaue Zeit, in der diese Risse gebildet wurden und geschmolzene Masse in ihnen aufstieg, ungewiss. Bisweilen lässt sich aber für die Bestimmung der Zeit selbst bei Gangausfüllungen von dieser Art eine ziemliche Annäherung erhalten. Es würde nicht genug sein, dass sie eine Reihe von Gesteinen in einem gegebenen District durchsetzen und nicht eine andere ohne weitere Anhaltspunkte, so dass man sie mit Sicherheit auf eine bestimmte Zeit vor der Bildung der nicht von ihnen durchsetzten Schichten beziehen kann, da es der Fall gewesen sein kann, dass gleichzeitige Ursachen nicht über eine gegebene Fläche hinaus wirkten, obgleich in manchen von diesen Fällen Vieles für einen Schluss dieser Art spricht. Man findet

Digitized by Google

z. B. zahllose Grünsteingänge, welche die cambrischen Gesteine in Merionethshire und Caernarvonshire durchsetzen, während diese in gewissen oberen silurischen Ablagerungen in Denbighshire und Flintshire nicht bemerkbar sind, und gleichzeitige feuergebildete Gesteine mit intermediären Ablagerungen in Caernarvonshire und anderen benachbarten Grafschaften vergesellschaftet sind. Man könnte darum schliessen, dass wenn die feurigen Eruptionen, die die letzteren hervorbrachten, statthatten, Spalten in den noch älteren (cambrischen) Ablagerungen gebildet und geschmolzene Masse in sie ergossen wurde, und dass beim Aufhören der feurigen Thätigkeit die benachbarten höheren Theile der silurischen Ablagerungen nicht von dem Ergusse feuriger Massen gestört wurden. Es ist durchaus nicht unwahrscheinlich, dass dieser Schluss grösstentheils richtig ist; aber dass er es nicht ganz ist, zeigt die Besichtigung der Gangausfüllungen derselben Art, die verschiedene Theile von Anglesea durchsetzen und in die Kohlenformation der Menai-Strasse zwischen Bangor und der grossen Kettenbrücke einschneiden. Es kann leicht der Fall gewesen sein, dass geschmolzene Masse in Spalten eintrat, die in diesen verschiedenen Zeiten selbst in dem kleinen Flächenraume von Caernarvonshire und Anglesea gebildet wurden, und es würde darum ohne weitere Beweise gewagt sein, darüber zu entscheiden, ob ein Gang in Rücksicht auf geologische Zeit von einem anderen zu trennen ist, selbst wenn sie nicht weit von einander entfernt sind, während viele Wahrscheinlichkeit bezüglich des relativen Datums von vielen solcher Gänge allerdings existiren kann.

Die Granit- und Porphyrgänge in Cornwall und Devonshire, die unter dem Namen der Elvangänge bekannt sind, dienen zur Erläuterung, wie geologische Zeitbestimmungen annähernd erhalten werden können. Wir haben gesehen, dass die Granite dieses Districtes nach der Ablagerung des unteren Theils der Steinkohlenformation erhoben wurden und vor der Ablagerung der Buntsandsteinreihe (*new red*). Nach dem Hervorbrechen des Granits und seiner wenigstens partiellen Consolidation wurden Spalten gebildet, die sowohl die Granite und die verschiedenen an sie grenzenden und aufgerichteten Sedimentärgesteine durchsetzten, und in dieselben ergoss sich geschmolzene Masse, wie früher (Fig. 7, S. 10) gezeigt wurde, und wie auch der folgende Durchschnitt, Fig. 223,

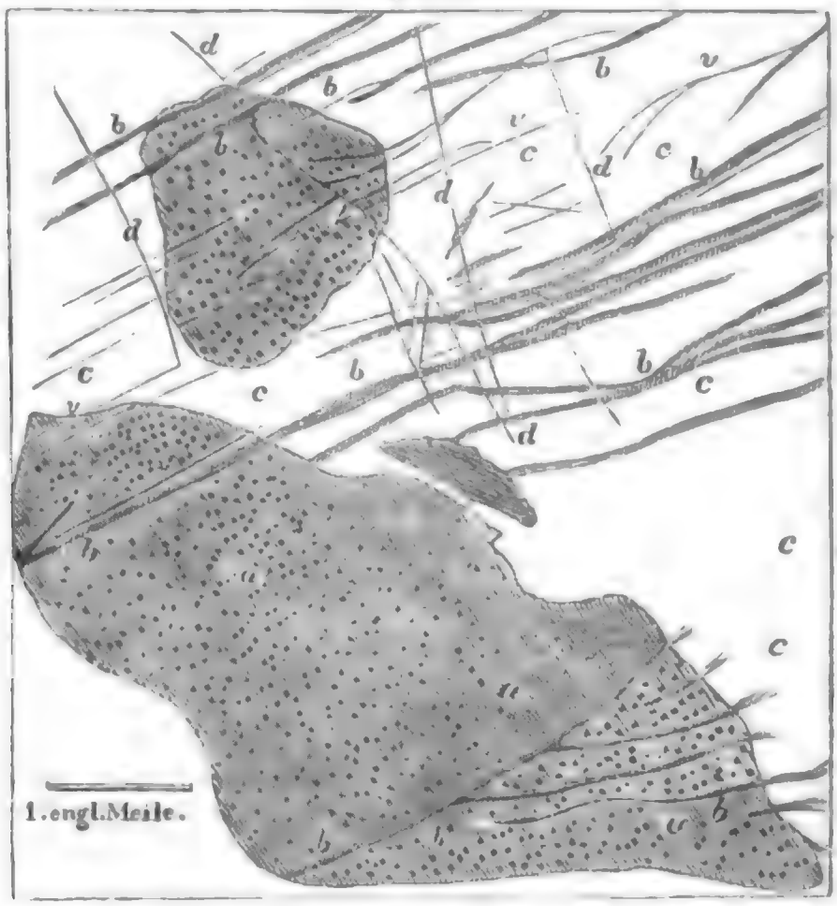
Fig. 223.



Digitized by Google

zeigt, den man an den Klippen von Trevellas-Bai bei St. Agnes sieht, wo ein Elvangang *a a* durch die Schiefer *b b* schneidet, und durch Verwerfungsspalten *f f* durchsetzt ist, von denen eine die Gesteine und damit auch den Elvangang wesentlich verändert hat. In Bezug auf die Durchsetzung der früher festgewordenen Gesteine und des Granits durch dieselben Spalten ist die folgende Karte, Fig. 224, von Interesse, die

Fig. 224.



einen Theil des Grubendistrictes von Gwennap in Cornwall umfasst. *a a* ist der Granit, *c c* die schiefrigen Gesteine, die vom Granit durchbrochen sind, *b b* die Elvangänge und *s* Grünsteine. Die Spalten *v v v* und *d d d* wurden in verschiedenen Perioden gebildet und einige von ihnen verschiedentlich mit Zinn und Kupfererzen oder anderen Substanzen gefüllt.

Wenn man die Zusammensetzung dieser Elvangänge untersucht, so findet man, dass sie aus einer ähnlichen Masse wie die Granite dieser Districte bestehen, und gewöhnlich mit Modificationen dieses Gesteins übereinkommen, die man an entblössten Stellen desselben zunächst der Oberfläche sieht. Sie scheinen in der That bloss Theile derselben Masse zu sein, die sich in Spalten erhob, welche durch das Zerreissen des benachbarten Granites gebildet waren, der nur in seinen höheren Theilen consolidirt war, und diese Spalten erstreckten sich auch durch die verschiedenen Gesteine über dem Granit. Das relative Alter erhält man nur insoweit, als man sieht, dass das Ausfüllen der Spalten

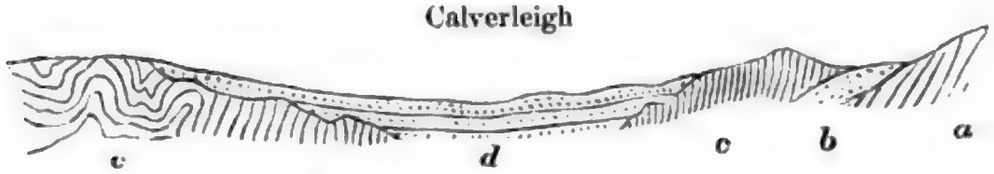
Digitized by Google

nach dem Aufsteigen der Hauptmassen des Granits statthatte, und ein Theil des letzteren Gesteins in seinem geschmolzenen Zustande leicht durch solche Spalten emporstieg, die sich sowohl in dem oberen Theile von ihm selbst, wie in den auf ihm ruhenden Gesteinen gebildet hatten. Die Elvangänge enthalten darum auch häufig Brocken von den benachbarten Gesteinen, die sich abgelöst hatten und von ihnen eingewickelt wurden.

Geht man weiter nach Osten von dem Dartmoor-Granit bis zu der Grenzlinie der Buntsandsteingruppe oder der Reihe des *new red*, wo diese auf den unebenen Oberflächen und Einschnitten der älteren und früher in ihren Lagerungsverhältnissen gestörten versteinerungsführenden Ablagerungen in dieser Richtung aufruht, so findet man feuergebildete Gesteine mit ihrem untersten Theil an einigen Orten vergesellschaftet, die eine locale eruptive Thätigkeit darthun, während sich diese untersten Schichten ablagerten. Es sind nicht nur einige von diesen unteren Ablagerungen so mit den eruptiven Gesteinen verbunden, dass es Mühe kostet, sie nicht als gleichzeitige Bildungen zu betrachten, sondern es finden sich auch Spuren einer überirdischen Thätigkeit. Das letztere findet sich in der Nähe von Calverleigh, wo, wie in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 225, *a a* die aufgerichteten und gebogenen Schichten

Fig. 225.

Calverleigh



des unteren Theils der Steinkohlenformation darstellen, in einem Theile eines alten Golfs in diesen Gesteinen; *b* ein Conglomerat, das ganz aus Theilen dieser untenliegenden Ablagerungen besteht, welches durch rothen Sandstein und thonigsandige Masse cementirt ist, ohne Bruchstücke von feuergebildeten Gesteinen; *c* Feldspathporphyre und mehr compacte Feldspathgesteine, von denen einige schlackig sind, und *d* Conglomerate und Sandsteine, Fragmente der eruptiven Gesteine und andere von einem ähnlichen Charakter, die in den Conglomeraten enthalten sind. Längs des Streichens der eruptiven Gesteine, besonders nördlich von ihnen, findet sich eine sandige Ablagerung, hier und da mit dem gewöhnlichen Sandstein gemischt, welche eine grosse Aehnlichkeit mit einem vulkanischen Producte hat, und zu dem Schlusse führt, dass sie in der Weise einer vulkanischen Asche ausgeworfen wurde, die ins Wasser gefallen ist, und sich dort mit dem Schlamm, Sand und Grus mischte, der in der Nachbarschaft einer vulkanischen Mündung der damaligen Zeit sich bildete.

Die feuergebildeten Gesteine dieser Zeit kann man gut an der Basis der Buntsandsteinreihe von Exeter nach Haldon-Hill sehen. Am

Digitized by Google

Pocombe Hill ruht sie direct auf den Rändern der verworfenen unterliegenden Kohlenformation und ist hauptsächlich aus einer kieselig feldspathigen Mischung gebildet, die hier und da Blasenräume besitzt. Diese feuergebildeten Gesteine sieht man auch gut zwischen Ide und Dunchidiock, wo sie auf ähnlichen Ablagerungen ruhen. Nahe bei Western-Town zeigt sich die innige Verbindung zwischen ihnen und dem rothen Sandstein und den Conglomeraten. Bei einem Blick auf geologische Karten sieht man, dass die feuergebildeten Gesteine, die in dieser Weise mit der Buntsandsteinreihe bei Exeter, Crediton, Thorverton, Kellerton, Silverton und Tiverton vorkommt, in einer Verlängerung der allgemeinen Richtung der Granithöker und Elvangänge vorkommen, die sich von den Scilly-Inseln bis nach Dartmoor erstrecken. Untersucht man ihre Gemengtheile, so findet man sie aus Substanzen gebildet, die mit denen in diesen Graniten und Elvangängen übereinkommen. Während viele von ihnen porphyrartig sind, haben andere eine mehr homogene und bisweilen blasige Structur. Ein grosser Theil der unteren rothen Conglomerate und Breccien in der Nachbarschaft dieser feuergebildeten Gesteine ist aus Bruchstücken gebildet, die von ihnen herrühren, so dass sie zusammen keine unbeträchtliche Masse bilden. Unter ihnen finden sich viele Porphyre, die Quarz und Feldspathkrystalle enthalten. Massen der feuergebildeten Gesteine, von denen sie herrühren, beobachtet man nicht oft, obgleich in einem solchen Districte die an der Oberfläche sichtbaren Theile kein Maass für die eruptiven Massen bilden, die unter einer dicken Decke von sedimentären Massen begraben sein mögen. Es ist deshalb wichtig, anstehende Porphyre zu beobachten, die bisweilen nur Quarzkrystalle enthalten, und in anderen Fällen diese mit Feldspathkrystallen vermischt, die mit dem unteren Theile der Buntsandsteinreihe in Ideston und Knole vorkommen.

Erwägt man alle diese Thatsachen, so gelangt man zum Schlusse, dass die Zeit von wenigstens einigen dieser Elvangänge von Cornwall und Devonshire, auch wenn sie nicht von Ablagerungen bedeckt sind, die ein directes Hülfsmittel zum Beurtheilen des Zeitpunktes darbieten, in der sie in den Spalten aufstiegen, sich nicht wesentlich von dem Anfang der Ablagerungen unterscheidet, welche den unteren Theil der Buntsandsteinreihe dieses Theils von England bilden, dass granitische Masse die Basis der verschiedenen aufgestiegenen Gesteine bildet und bloss in ihrem Aussehen nach den verschiedenen Verhältnissen, denen sie unterworfen war, verändert ist. Es hat in dieser Gegend seit dem Ausbruch dieser alten feuergebildeten Gesteine eine so bedeutende Abschwemmung stattgefunden, dass ohne Zweifel manche Masse, die eine einst zwischen solchen feuergebildeten Gesteinen, wie die in der Nähe von Exeter und anderen anstossenden Theilen von Devonshire bestehende Verbindung zeigte, weggerissen ist. Als Beweis einer Abschwemmung von Ablagerungen der Buntsandsteinreihe in Devonshire,

Digitized by Google

so dass nur ein Theil von ihnen jetzt übrig ist, haben wir bereits des Thurlestone-Felsens in Bigbury-Bucht erwähnt. Geht man weiter westlich von Plymouth-Sund, so sieht man einen Porphyrfelsen von derselben Art wie die bei Exeter, die devonischen Gesteine bei Cawsand durchsetzen und von da an der Küste bis Reddingpoint, und diese bilden gleichsam Verbindungsglieder zwischen den Elvangängen weiter östlich und den oben erwähnten feuergebildeten Gesteinen und scheinen die abgeschwemmten Reste des unteren Theils der Buntsandsteinreihe zu bilden, welche sich mit einer Beimischung von feuergebildeten Gesteinen in dieser Richtung erstrecken, wovon eine kleine Stelle der alten Ablagerung noch in Bigbury-Bai und bei Slapton in Start-Bai übrig ist.

Was die Elvangänge in den Grafschaften Wicklow und Wexford angeht, welche in der Art ihres Vorkommens und in ihrem Aussehen denen von Devonshire und Cornwall gleichen, so bieten diese zwar nicht dieselbe Gelegenheit zur Bestimmung ihres relativen Alters dar, da eruptive Gesteine, die aus ähnlichen Substanzen bestehen, wie diese Elvangänge, bis jetzt nicht in dem unteren Theil des alten rothen Sandsteins, der die aufgerichteten Gesteine bedeckt, in welchen die von ihnen erfüllten Spalten hervorgebracht wurden, entdeckt sind; da indessen der alte rothe Sandstein Stücke von dem Granit des Districtes enthält und nicht von den Elvangängen durchsetzt ist, so könnte man schliessen, dass das Alter dieser Gänge nicht nur später als das des Granits ist, sondern auch jünger als der alte rothe Sandstein. Sie verhalten sich zu den Graniten dieses Theils von Irland, wie die Elvangänge von Devonshire und Cornwall zu den Graniten dieses Theils von England. Sie scheinen das Resultat von Spalten in Folge der Abkühlung und gleichsam des Festwerdens einer Rinde der geschmolzenen Masse unter ihnen zu sein, indem solche Risse durch die aufgelagerten Gesteine gehen, die an diese abgekühlte und festgewordene Rinde anhängen. Die Elvangänge von Wicklow und Wexford kann man sowohl im Lande als an den Küsten studiren. Gute Beispiele ihres Vorkommens an der Küste finden sich am Seapark-Point in Wicklow.

Von den zwei oben genannten Abtheilungen feuriger Gesteine unterscheidet sich die eine zum Theil von der anderen hauptsächlich chemisch durch die Gegenwart von einem grösseren Verhältniss von Kalk und Magnesia, welche bisweilen zum Theil durch Eisenoxydul ersetzt sind. Dieser Unterschied ist im Allgemeinen auf den Theil einer Abtheilung beschränkt, der Hornblende enthält, in welcher die Silicate des Kalks und der Magnesia, obgleich in etwas veränderlichen Mengen, wesentliche Bestandtheile bilden, der Kalk von 10 — 15 Proc. und die Magnesia von 15 — 25 Proc. Gewöhnlich ersetzt in diesen Gesteinen das Eisenoxydul mehr oder weniger den Kalk oder die Magnesia der Hornblende. Die Gegenwart der Hornblende macht bei einem Verhältniss

Digitized by Google

von $^1/_4$ — $^1/_3$ zur Masse des Gesteins das letztere weit schmelzbarer als die Verbindungen des Feldspaths und des Quarzes, oder des Feldspaths, Quarzes und Glimmers, ein Unterschied, der wahrscheinlich zum grossen Theil davon abhängt, dass das Kalksilicat als Flussmittel wirkt.

Bei den anderen feuergebildeten Gesteinen, welche in geschmolzenem Zustande aufgestiegen sind (abgesehen von den bereits berücksichtigten modernen vulkanischen Producten), und wenn wir zuerst unsere Aufmerksamkeit auf die grosse Masse von ihnen beschränken, die aus zwei oder mehreren von den Mineralien Quarz, Feldspath (Orthoklas oder Albit), Glimmer und Hornblende, als wesentlichen und vorherrschenden Gemengtheilen, bestehen, so finden wir weder in den Verbindungen von Quarz und Feldspath, noch in der von Quarz, Glimmer und Feldspath (Orthoklas oder Albit) dieselbe Menge von Kalkerde, als wenn Hornblende in die Masse eintritt. Der vorherrschende Glimmer in solchen Gesteinen ist gewöhnlich Kaliglimmer. In diesem Mineral findet sich die Kalkerde gewöhnlich in sehr kleiner Menge, meistens unter 1 Proc. In dem Lithon und Magnesiaglimmer findet sie sich selten und dann nur in sehr geringem Verhältniss. Auch in dem Feldspath, und zwar in dem Orthoklas, wie in dem Albit, die in den älteren feuergebildeten Gesteinen so weit verbreitet sind, ist Kalkerde bis jetzt nur in sehr geringen Mengen gefunden worden, und sie enthalten selten mehr als 1 Proc. Anders ist es in den Gemengen, in welchen Labrador vorkommt, da dieses ein Feldspath ist, in welchem sich Kalkerde in verhältnissmässig grossen Mengen von 10 — 15 Proc. findet. Kalksilicat bildet deshalb einen wesentlichen Unterschied zwischen den feurigen Gesteinen mit und ohne Hornblende und Labrador. Was die Magnesia in vielen Hornblenden betrifft, so ist dieselbe auch eine wichtige Substanz, wenn man sie mit dem Gemenge von Quarz, Feldspath (Orthoklas, Albit oder Labrador) und Glimmer vergleicht, wenn der letztere nicht Magnesiaglimmer ist, in welchen diese Substanz in Mengen von 10 — 15 Proc. eintritt.

Da man angenommen hat, dass die Trachyte jüngerer geologischer Zeiten Modificationen von Graniten sind, so fragt man, wie weit wohl die alten feuergebildeten Producte, welche wie manche der heutigen Zeit vorkommen, ebenfalls Modificationen der granitischen Masse unter ihnen sein können, inwieweit also manche von den geschmolzenen feldspathigen Gesteinen der Britischen Inseln, die mit den älteren, Versteinerungen führenden Ablagerungen vorkommen, die Trachyte jener Zeiten gewesen und von der Granitmasse unter ihnen abgeleitet sein können, welche letztere später diese früheren Modificationen beim Fortschreiten der geologischen Zeit und bei dem Eintritt der Bedingungen für eine solche Bewegung erhob. Bei den Hornblendegesteinen findet sich dieselbe Schwierigkeit in Bezug auf das Kalksilicat, wie bei den

Digitized by Google

jugendlichen Doleriten und Laven dieser Classe, obgleich in beiden Fällen, wenn Kalksilicat einen hervorragenden Theil einer geschmolzenen Masse bildet, dasselbe als ein Flussmittel für andere, wahrscheinlich nach oben geführt wird, nach den Erfahrungen bei den Schlacken unserer Hochöfen, welche eine reichliche Menge von Kalksilicat enthalten.

Was das Gemenge von Feldspathmasse und einer weiteren Quantität der Kieselerde betrifft, als für die Silicate der Mineralien der Feldspathfamilie erforderlich ist, so findet sich oft Gelegenheit zum Studium der verschiedenartigen Beschaffenheit, die dasselbe annimmt, je nachdem die Verhältnisse der Abkühlung für die Krystallisation des Feldspaths günstig waren oder nicht. Fand die Abkühlung in der Weise statt, dass die Krystallisation nicht deutlich ist, so hat die Mischung ein homogenes Ansehen, und wird unter dem Namen des dichten Feldspaths aufgeführt; hat eine undeutliche Krystallisation stattgefunden und hat sich die Kieselerde als Quarz von den anderen Bestandtheilen deutlich geschieden, so bildet dieses ein granitisches Gemenge mit zwei Gemengtheilen, das auch unter dem Namen Granitello aufgeführt wird. Mitunter sind Feldspathkrystalle entwickelt, während der Rest des Gesteins seinen homogenen Charakter behält, und es entsteht der sogenannte Hornsteinporphyr, der aber fälschlich so genannt wird, weil die Grundmasse kein Hornstein (Quarz), sondern ein Gemenge der auch ausgeschieden vorkommenden Mineralien ist. Das verschiedene Aussehen der weniger krystallinischen Varietäten sieht man an vielen Orten, die vollständige Krystallisation nicht so häufig. In Ländern, wo die granitische Masse die oberflächlichen Anhäufungen dieser Classe erhoben hat, ist die Aehnlichkeit einiger Arten von Producten bisweilen so beträchtlich, dass hinsichtlich ihres relativen Alters viel Zweifel stattfinden kann.

Hält man sich an die erwähnten Districte, so ist es zwar mitunter schwierig, das relative Alter von manchen feuergebildeten Producten zu bestimmen, wenn ihre Zusammensetzung allein ins Auge gefasst wird, aber dies ist nicht der Fall, wenn man die Art und Weise, auf welche die gleichzeitig mit den gewöhnlichen sedimentären Ablagerungen ihrer Zeit vergesellschafteten sich finden, mit dem Vorkommen der Granite derselben Districte vergleicht. Mag man den Granit des südwestlichen Englands oder den aus einer früheren Erhebung im südöstlichen Irland untersuchen, so findet man im Allgemeinen dieselbe Art des Vorkommens, das sehr verschieden von der der feuergebildeten Producte ist, die mit den devonischen Gesteinen in einem Districte, und den silurischen in einem anderen vergesellschaftet sind. Es findet sich keine Zwischenschichtung und gleichzeitige Vermischung der Theile, sondern im Gegentheil augenscheinlich ein Hervordrängen in Masse und eine spätere Ausfüllung von Spalten, die die Schichten von früher vorhandenen

Digitized by Google

Ablagerungen durchsetzen. In beiden Districten erscheinen die Granitmassen als Begleiter von grossen Biegungen, Faltungen und selbst Dislocationen von früheren Ablagerungen aller Art, als wenn bei diesem Drängen und der neuen Lagerung solcher Ablagerungen geschmolzene Masse unter ihnen sich nach oben erhoben und Flächenräume eingenommen hätte, wo der Widerstand einer früheren oberflächlichen Bedeckung ungenügend war, diesem Drucke zu widerstehen.

Bei der Untersuchung der Begrenzung granitischer Massen an der Oberfläche findet man beträchtliche Zerreissungen um sie herum und in den verschiedenen benachbarten Gesteinen. Ueberall, wo sich durch natürliche Entblössungen oder künstliche Durchschnitte Gelegenheit zur Untersuchung darbietet, sind dieselben ganz gewöhnlich. So sind, unabhängig von grossen Bewegungen oder Dislocationen früher gebildeter Gesteine jeder Art, die Ränder der granitischen Einpressungen selbst durch eine Menge von Brüchen in einem kleinen Maassstabe bezeichnet, als wenn diese Einpressung selbst gewissermaassen mit ihrer Bildung in Verbindung gestanden. Was die Ausdehnung der Risse in die benachbarten und früher gebildeten Gesteine angeht, so scheint diese etwas unbedeutend, wenn man sie in Bezug auf ihre Masse und die der Granite betrachtet. In dem Granitzug von Wicklow und Wexford finden sich nicht nur diese Risse häufig, sondern es sind auch grosse Massen der sedimentären Gesteine offenbar in den äusseren Theilen desselben Granits eingelagert. Dies sieht man sehr gut in Glenmalure, wo solche grosse Massen zum Theil von dem Granit umschlossen zu sein scheinen, als wenn sie von diesem Gestein, wie grosse Eisberge im Meere, getragen worden, und wie diese zum Theil in ihm untergesunken wären. Dies kann allerdings nur scheinbar sein, da die diese Massen verbindenden Theile durch Abschwemmung entfernt worden sein können. Indessen wenn man sich Durchschnitte des Ganzen anfertigt, in demselben Maassstabe für Höhe und Länge, und alle Faltungen der älteren Gesteine beachtet, so ist die Annahme eines grossen Aufbruchs der letzteren nöthig, um die Art des Vorkommens dieser Gesteine zu erklären. Ohne Zweifel ist ein grosser Theil dieser älteren Gesteine und des Granits des südöstlichen Irlands durch Entblössung entfernt worden, die während eines langen Verlaufs geologischer Zeit stattgefunden hat, und zwar oft durch Abschwemmung in Folge einer bedeutenden Brandung beim Aufsteigen über den Spiegel des Meeres oder der Submersion unter denselben; demungeachtet scheint eine Zerreissung der früher gebildeten cambrischen und silurischen Gesteine stattgefunden zu haben. Die Krümmung, welche mit den erhobenen Massen der früher gebildeten Gesteine übereinkommt, und von denen glücklicher Weise noch einige vorhanden sind, und welche zeigt, bis zu welcher Höhe sie über die an jeder Seite befindlichen zertrümmerten und gefalteten erhoben worden sind, ist von der in Fig. 226 dargestellten Art. Sie ist

Digitized by Google

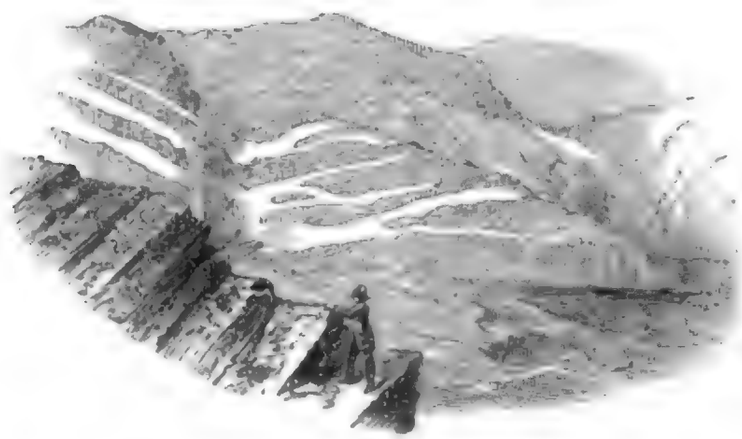
zwar nicht beträchtlich, aber doch ist es schwierig, die hervorgebrachten Wirkungen zu erhalten, ohne eine Trennung und Zerreissung der

Fig. 226.

älteren Gesteine anzunehmen. In diesem Durchschnitt, in welchem die Höhen und Entfernungen nach demselben Maassstabe sind, ist *a a* der aufgestiegene Granit, *c c* die gebogenen älteren Gesteine an jeder Seite, die in der Nähe des Granits verändert sind, und *b b b* erhobene Theile von ihnen, und *L* eine grosse Masse, die die Spitze des Lugnaquilla bildet.

Bei der Untersuchung des Inhalts der Sprünge in den älteren Gesteinen, die die granitischen Massen umgeben, findet man sie mit Granit auf eine Weise erfüllt, aus der ein grosser Flüssigkeitszustand dieser Masse hervorgeht, als die Spalten sich bildeten und erfüllt wurden, denn man findet bisweilen feine fadenähnliche Gänge, die von den Hauptspalten ausgehen und Granitmasse enthalten. Obgleich die Krystallisation dieser Masse in den feineren Spalten durch Unterschiede in der Geschwindigkeit der Abkühlung allein modificirt ist, so deutet doch der Inhalt der granitischen Gänge im Allgemeinen auf eine lange andauernde Wärme in dem eruptiven Gestein, und das Ganze bedurfte wahrscheinlich eine beträchtliche Zeit zum Festwerden. Die folgende Skizze, Fig. 227, einiger Granitgänge von Wicca-Bai oder Pool bei Zennor in

Fig. 227.



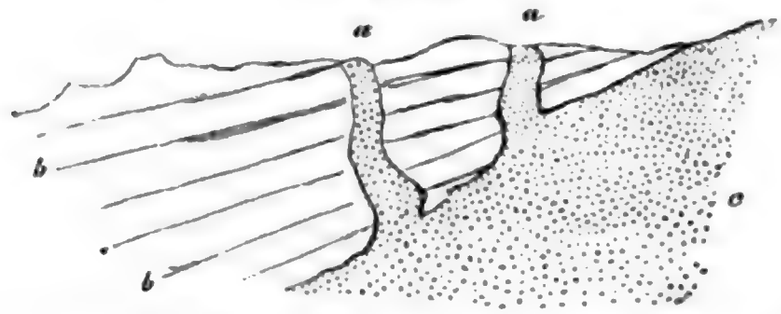
Cornwall, dient zur Erläuterung der Art des Vorkommens von vielen von ihnen, und der Durchschnitt Fig. 228 (s. f. S.) zeigt ihre Verbindung mit einer benachbarten Granitmasse hinter den in der Skizze, Fig. 227, entblössten Gesteinen. *a a* sind Granitgänge, *b b* veränderter Schiefer und *c* die Hauptmasse des Granits.

Die Westküste von Cornwall, wo die Verbindung des Granits mit den sedimentären Ablagerungen und den mit ihnen vergesellschafteten

Digitized by Google

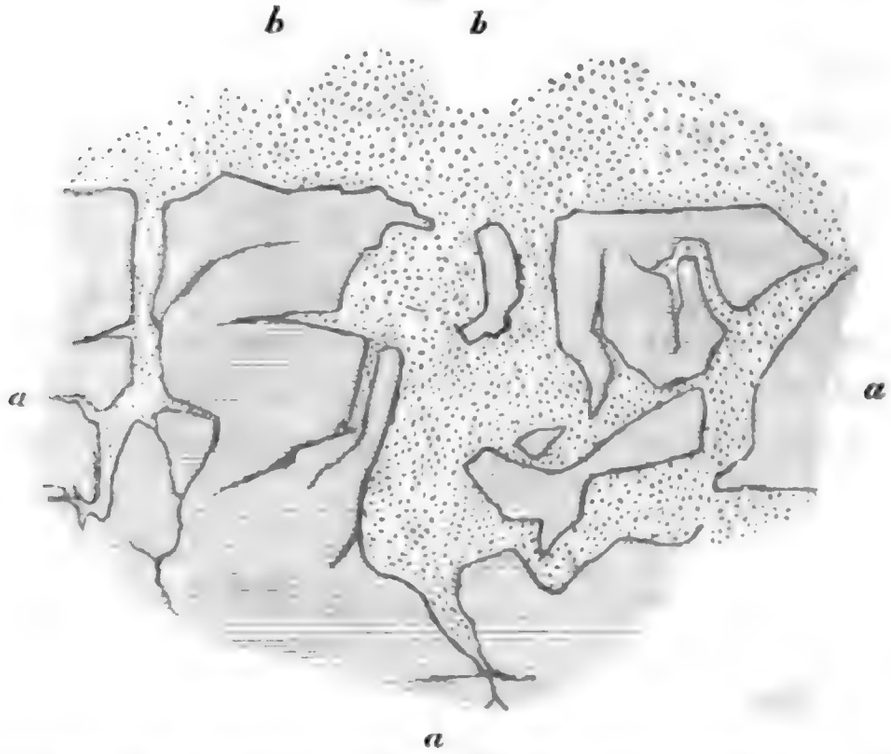
feuergebildeten Gesteinen entblösst ist, bietet viele andere interessante Beispiele, wie in Pendeen-Bai, Cap Cornwall, Tetterdu-Point, Mouse-

Fig. 228.



hole und an anderen Stellen. Ebenso sieht man sie am St. Michaels-Berg. Der folgende Grundriss, Fig. 229, zeigt einen etwas complicirten Bruch; die schattirten Theile *a a a* sind veränderte Schiefer, und

Fig. 229.



der punktirte Theil Granit, während die Hauptmasse des letzteren an der Seite *b b* vorkommt. Blickt man auf diese Gänge im Ganzen, so scheint es oft, als wenn die früher gebildeten Gesteine nicht sehr langsam der stattgehabten Gewalt nachgegeben hätten, sondern ziemlich plötzlich, wobei die granitische Masse in die durch den starken Druck gebildeten Risse eingepresst wurde, die feinen Spalten ausfüllte und oft Theile des durchbrochenen Gesteins in den Granitgängen ganz umhüllt wurden. Es scheinen oft auch Spalten gebildet worden zu sein, nachdem eine verhältnissmässig dünne Decke der Hauptmasse des Granits fest geworden war, indem Granitgänge, die denen in den früher gebildeten Gesteinen ähnlich sind und deutlich in die Hauptmasse des Granits an seiner Verbindung mit diesen Gesteinen übergehen, sowohl einen Theil

Digitized by Google

des Granits selbst als auch diese anderen Gesteine durchsetzen. Im Allgemeinen sind solche Gänge leicht von den offenbar jüngeren Elvangängen durch ihren gewundenen Verlauf und durch ihre allgemeine Aehnlichkeit mit den zuerst in den älteren Gesteinen in ihrer Verbindung mit dem Granit gebildeten zu unterscheiden.

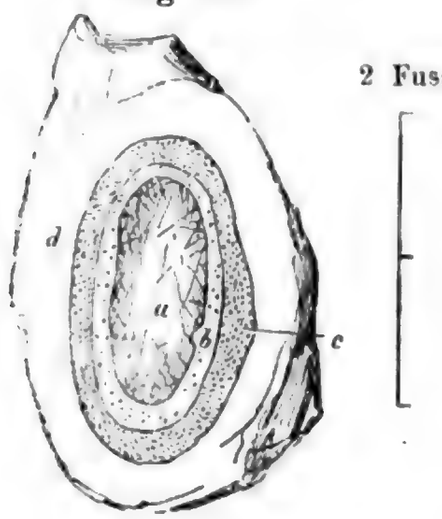
Die chemische Zusammensetzung granitischer Massen muss unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen, besonders wenn man bedenkt, dass ein so grosser Theil der sedimentären Ablagerungen jedes Alters von dem Granit herrührt, eine Masse, die wirklich ungeheuer sein muss. Wir haben gesehen, dass die Elementarsubstanzen, die die Hauptmasse dieses Gesteins bilden, nicht zahlreich sind. Die Bestandtheile der Granite im südwestlichen England und südöstlichen Irland scheinen wenig verschieden zu sein. Die Hauptverschiedenheiten bestehen wahrscheinlich in der grösseren Menge von Schörl in den ersteren, der den anderen Gemengtheilen beigemischt ist und sich in den Graniten des südlichen Irlands selten findet. Solche Unterschiede sind bloss localer Natur, indem dieselbe geschmolzene Masse in der Tiefe die in verschiedenen geologischen Zeiten erhobenen Theile lieferte. Sei dem wie es wolle, so ist die Gegenwart eines Minerals, das Boraxsäure als wesentlichen Bestandtheil enthält, von Wichtigkeit, besonders mit Rücksicht auf die Versuche von Ebelmen, der nachwies, dass, wenn man diese Säure als ein Lösungsmittel bei einer hohen Temperatur gebraucht, künstliche Mineralien gebildet werden können, die man gewöhnlich als unlöslich und in unseren Oefen als unschmelzbar betrachtet, wie z. B. einige Edelsteine, wie Rubin, Spinell, Chrysoberyll, Chrysolith u. s. w., ein Resultat, das einen wichtigen Fingerzeig hinsichtlich der Bildung vieler feuergebildeten Verbindungen giebt.

Cornwall und Devonshire bieten viele Gelegenheit zum Studium der Schörlgranite und des sogenannten Schörlfels (ein Gemenge von schwarzem Turmalin und Quarz) in Verbindung mit den Graniten dieses Districtes. Wie sich aus der verhältnissmässig leichten Verflüchtigung der Boraxsäure durch beträchtliche Hitze erwarten lässt, finden sich die schörlführenden Massen hauptsächlich an den äusseren Theilen der Granitmassen. Sie wechseln von einem Gemenge, in dem bloss Schörl und Quarz vorkommt, bis zu Gemengen von Schörl, Feldspath, Quarz und Glimmer; der letztere ist indessen ein ungewöhnlicher Gemengtheil des Granits, wenn der Schörl in einiger Menge zugegen ist. Vollständige Uebergänge lassen sich häufig zwischen dem gewöhnlichen Gemenge von Quarz, Feldspath und Glimmer durch den allmäligen Verlust des Feldspaths und Glimmers in das einfache Gemenge von Quarz und Schörl verfolgen, wobei der Glimmer gewöhnlich zuerst verschwindet. Bisweilen zeigt sich der Schörl in radialfaserigen krystallinischen Massen, besonders im Quarze. Hier und da zeigen sich verschiedene Lagerungen von Schörl und den anderen Mineralien. Die

Digitized by Google

folgende Fig. 230 liefert ein Beispiel von der Lagerung der verschiedenen Gemengtheile um einen inneneren Kern. Es kommt im Dartmoor-Granit vor, nach Carnwood hin. *a* ist eine nicht ganz mit langen Krystallen von Schörl gefüllte Höhle, die sich in vielen Richtungen durchkreuzen, aber mit einer Tendenz nach einem Mittelpunkte; *b* ist eine Hülle von Quarz und Schörl, wobei der erstere vorherrscht, *c* eine andere Hülle derselben Mineralien, wobei der Schörl in grösserer Menge vorhanden ist, und *a* ein hell fleischfarbener Granit, in welchem der Feldspath vorherrscht.

Fig. 230.



Grosse Krystalle von Feldspath sind in den Graniten von Cornwall und Devonshire nicht ungewöhnlich und geben dem Gestein eine porphyrartige Structur. Der von Dartmoor ist oft von dieser Art, eben so der von Brown-Willy District, und dieselbe Varietät sieht man an manchen anderen Orten. Die Granite des südöstlichen Irlands sind auch bisweilen porphyrartig durch die Verbreitung von grossen Feldspathkrystallen in dem gewöhnlichen Gemenge von Quarz, Feldspath und Glimmer.

In diesen Districten tritt zwar der Granit in die Risse der benachbarten und früher gebildeten Gesteine ein, aber es zeigt sich keine Spur eines Ueberfliessens der feurigen Masse in einem geschmolzenen Zustand, so dass der Beobachter zu dem Schluss kommt, dass, als die Einpressung statthatte, das feurige Gestein nicht wie jetzt der Atmosphäre ausgesetzt oder auf eine solche Weise unter Wasser war, dass es über die zerrissenen Theile der Ablagerungen, die jetzt seine oberflächlichen Grenzen bilden, treten und nach der Art einer aus einer vulkanischen Oeffnung austretenden Lava über sie fliessen konnte. Wenn wirklich ein Theil dieser Granite über früher gebildete, festgewordene Gesteine floss, so sind alle Spuren von solchen Ueberströmungen durch Abschwemmung entfernt worden. Geschmolzene Masse in einem so flüssigen Zustande, dass sie in die engeren Verästelungen der Risse eintreten konnte, musste leicht bei hinreichender Hebung über die zerrissenen und gebogenen Ablagerungen fliessen, zwischen welche sie eingepresst wurde. Die Bedeckung des Granits des südöstlichen Irlands ist verhältnissmässig gering; der ganze an die Hauptmassen dieses Gesteins angrenzende District ist so von ihm durchbrochen und durchsetzt, dass die entblössten Oberflächen zeigen, dass sämmtliche früher gebildeten Ablagerungen erhoben wurden, so dass nach der Abschwem-

Digitized by Google

mung der verschiedenen Ungleichheiten die Granite ungleich entblösst waren, und zwar unregelmässig in Folge des verschiedenen Grades der Abschwemmung an verschiedenen Orten und der ungleichen Oberfläche des Granits. Dasselbe gilt bezüglich des südwestlichen Englands zwischen Dartmoor und den Scilly-Inseln. Ein Beobachter, der auf diese Weise kein Vorkommen findet, welches auf ein Ueberfliessen der geschmolzenen Masse zeigt, während er eine ausgedehnte entblösste Granitoberfläche sieht, die sich oft über das relative Niveau der Reste der früher gebildeten Gesteine umher erhebt, und der sich überzeugt hat, dass diese übrig gebliebenen Theile grösstentheils eine ziemlich dünne Bedeckung einer Granitmasse darunter sind, die weit grösser ist, als die blosse Oberflächenentblössung zeigt, kann eine Erklärung der Thatsachen entweder in einer sehr beträchtlichen Abschwemmung der Masse suchen, die einst den ganzen District bedeckte, oder in einer Verbindung der Abschwemmung mit einer fortgesetzten erhebenden Kraft, die auf das Ganze wirkte, nachdem der Granit erst in die fest gewordenen und früher gebildeten Ablagerungen eingedrungen war. Da wir sehen, dass mächtige Massen von eruptiver und grösstentheils früher geschmolzener Masse in modernen Vulkanen wieder erhitzt werden können, so können wir uns leicht eine Masse von Granit denken, die nach einem gewissen Grade der Abkühlung ebenfalls wieder erhitzt wurde, so dass sie einer neuen Hebungsbewegung nachgab, die durch eine von unten nach oben wirkende Kraft hervorgebracht und nicht durch leicht zerreissbare Masse gehemmt wurde, das zähe Gestein bis zu einem gewissen Grade erhob, entweder unregelmässig oder nach einem grösseren Maassstabe in einer mehr allgemeinen Form, wie uneben auch die Oberfläche sein mochte, wobei die Ablagerungen, die vor dem ersten Ergusse stattfanden, gleichsam fest in die Oberfläche des letzteren eingefügt sind und seiner Bewegung folgten.

Es giebt noch ein anderes feuriges Product an einer Stelle dieses kleinen Flächenraumes, dem ein relatives geologisches Alter gegeben werden kann. Dieses ist der Serpentin, der sich hauptsächlich in beträchtlicher Menge in dem Lizard-Districte in Cornwall findet. Man sieht ihn zwischen den devonischen Gesteinen auf eine Weise, die uns an die Art des Vorkommens von einigen gleichzeitigen Gemengen von Feldspath und Hornblende erinnert, welche in einem geschmolzenen Zustande mit den sedimentären Ablagerungen jener Zeit vergesellschaftet sind. Dass er vor dem Granit des Districtes hervorbrach, scheint daraus hervorzugehen, dass er von Gängen dieses Gesteins durchsetzt ist, auf dieselbe Weise, wie andere Gesteine des Districtes von ihnen durchsetzt sind. Selbst zugegeben, dass diese Gänge von keinem höheren Alter sind, als die Elvangänge derselben Grafschaft, so beschränkt dies die Spalten für ihre Bildung auf ungefähr das Alter der unteren

Digitized by Google

Ablagerungen der Buntsandsteinformation (*new red*) jenes Landes. In Clicker-Tor, südlich von Liskeard, findet sich Serpentin in den devonischen Schiefern und bei Veryan ist Gabbro mit ähnlichem Serpentin vergesellschaftet, und auf eine Weise, die auf eine Injection dieser Gesteine hindeutet, nach der Art gewisser Grünsteine in den Ablagerungen der feurigen Producte des Districtes. Die Stellung des Lizard-Serpentins und des mit ihm vorkommenden Gabbros ist ziemlich dieselbe wie die der kleineren Serpentinmassen weiter östlich. Er nimmt einen ziemlich grossen Flächenraum ein, ruht auf Hornblendeschiefer und Hornblendegestein, welche nichts weiter als die gewöhnlichen vulkanischen Aschenschichten zu sein scheinen, die gleichzeitig mit den gewöhnlichen sedimentären Ablagerungen jener Zeit und Ortes gemischt wurden (S. 486). Es giebt oft einen offenbaren Uebergang von dem Gabbro in den Serpentin, während es auch ein Eindringen des Serpentins in den ersteren zu geben scheint, wie zwischen Dranna-Point und Porthalla.

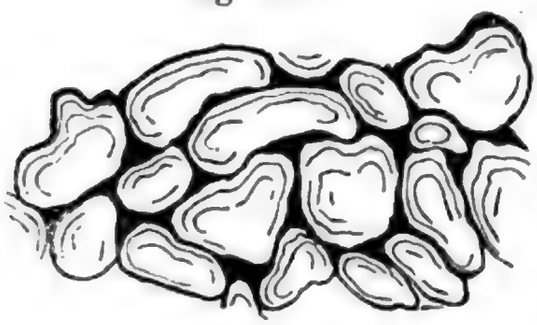
Wenn auch einige Vermischung des Serpentins und des Gabbros stattfindet, wodurch ihr relatives Alter an manchen Orten etwas zweifelhaft wird, so scheint im Ganzen der letztere nach dem ersteren aufgestiegen zu sein. An der Berührung des Gabbros von Crousa-Downs und St. Keverne mit dem Serpentin von Coverack-Bai setzen Gänge des ersteren durch die letzteren. Auch bei Landewednack scheint der Gabbro sich durch die Hornblendeschiefer zu erheben und den Serpentin zu durchsetzen. Dieser Gabbro geht, wie zwischen Coverack-Bai und St. Keverne bisweilen in ein Gemenge über, in welches auch Hornblende eintritt, so dass, während er an einigen Orten eine Mischung von Diallag und Feldspath zu sein scheint, er an anderen mehr einem Gemenge von Hornblende und Feldspath gleicht. In einer Mischung, in welcher die Hauptbestandtheile Kieselerde, Magnesia, Kalkerde, Thonerde und Eisenoxydul ungleich verbreitet sind, lassen sich solche Veränderungen leicht würdigen, indem die Verhältnisse für die Lagerung der Substanzen in krystallinischen Formen wechselnd sind.

Was die Serpentingesteine in Anglesea und Caernarvonshire betrifft, so ist ihr Alter unsicher. In Porthdinlleyn hat ein Gestein, das seinem Ansehen nach gewöhnlich Serpentin genannt wurde, obgleich es nicht ganz mit den gewöhnlichen Varietäten dieses Gesteins übereinstimmt, die Chlorit- und Glimmerschiefer dieses Theils von Caernarvonshire durchsetzt; aber da es nur von einem erhobenen Meeresboden von verhältnissmässig jugendlichem geologischen Alter bedeckt ist, so bleibt die Zeit, wo dieses stattgefunden haben kann, zweifelhaft, obgleich man annehmen könnte, dass sein Erguss selbst in der Zeit der älteren Gesteine des Districtes stattgefunden haben kann. In seinen grünlichen und rothen Farben gleicht er sehr dem gewöhnlichen Serpentin. Die Gemengtheile sind an einigen Stellen in unregelmässigen

Digitized by Google

Knollen ausgeschieden, zwischen denen sich häufig rother Jaspis findet, wie in der folgenden Skizze, Fig. 231, die an der nordwestlichen Landzunge des Ankerplatzes entnommen ist, in welcher die dunkeln Theile den Jaspis oder andere Kieselmasse zwischen den Knollen darstellen, die bisweilen von bedeutender Grösse sind. Bei dem Serpentin von Anglesea, der ziemlich den gewöhnlichen Charakter dieses Gesteins besitzt, mag zwar wohl ein Theil in einem geschmolzenen Zustande gewesen sein, als er zwischen die Schichten eingeschlossen wurde, wo er sich jetzt findet, aber andere Theile davon erinnern den Geognosten sehr an eine Mischung von Kalk und Serpentin und eine stattgehabte Veränderung seiner Bestandtheile. Dies kann auch der Fall sein bei einem Theile des Serpentins in Cerig-moelion und Rhoscolyn. Auch einige in der Nähe von Amlwch sich findenden silurischen Gesteine haben das Ansehen, als wenn manche von den gleichzeitigen Schichten eine serpentinartige Beschaffenheit unter günstigen Verhältnissen angenommen hätten. Die Anhäufung von Serpentinmasse in der Weise der Feldspath- und Hornblendegesteine, die in Nordwales so gewöhnlich sind gleichzeitig mit den silurischen Ablagerungen, hat keine besondere Schwierigkeit, da selbst ohne die Annahme eines Ausbruchs von Serpentinmasse in der Weise vulkanischer Aschen und Rapillen (obgleich kein Grund da ist, warum diese nicht ebenfalls stattgefunden haben könnte) die Zerstörung von in einer früheren Zeit gebildeten Serpentingesteinen leicht das sedimentäre Material für Ablagerungen geliefert haben kann, welche nach dem Festwerden den oben erwähnten Charakter darboten. Jedenfalls ist dies eine Art des Vorkommens, die der Beobachter im Auge behalten muss, und um so mehr, als es an einigen Fundorten des Serpentins, wie z. B. in der Grafschaft Galway in Irland, solche Verbindungen von Serpentin und Kalkmasse giebt, welche auf eine Ablagerung im Wasser hindeuten, wobei später eine solche Wirkung auf die Ablagerungen statthatte, dass die jetzige Structur der Gesteine hervorgebracht wurde.

Fig. 231.



Dies führt uns auf die Betrachtung der chemischen Zusammensetzung der Felsart Serpentin. Es sind verschiedene Mischungen von einem Magnesiasilicat mit einem Thonerdesilicat, zuweilen mit Kali, Natron oder Eisenoxydul. Dann findet sich darin Wasser. In allen diesen Varietäten, unter welche die Serpentine gehören, in welchen Diallag verbreitet ist, eine in dem Lizarddistricte sehr gewöhnliche Varietät, findet sich der reinere Serpentin, den man oft als ein bestimmtes Mineral betrachtet hat, und der Talkerdehydrat mit kieselsaurer

Digitized by Google

Talkerde ist, in welchem ein Theil der Talkerde durch die isomorphen Elemente Kalk oder Eisenoxydul vertreten ist. Blickt man auf die chemische Zusammensetzung des Olivins, der ein gewöhnliches Feuerproduct ist, so ergiebt sich, dass dieser ebenfalls ein Silicat und zwar ein Drittelsilicat der beiden isomorphen Basen Magnesia und Eisenoxydul ist, und der wesentliche Unterschied zwischen beiden hauptsächlich in der Gegenwart von Wasser besteht, und es ist daher nur eine geringe Veränderung erforderlich, um den Olivin in Serpentin zu verwandeln. In dem Lizardserpentin findet sich oft noch Thonerde in grosser Menge, und er gleicht in dieser Beziehung mehr dem Steatit, der in Gängen darin vorkommt, und eine Verbindung eines Magnesiasilicats mit einem Thonerdesilicat ist. Ebenso ist Asbest ein sehr häufiger Begleiter dieses Serpentins, und seine Bestandtheile scheinen von diesem letzteren herzurühren. Obgleich die mit diesem Namen belegten Mineralien eine verschiedene chemische Zusammensetzung haben und als Glieder der Hornblendefamilie betrachtet worden sind, so ist doch der Asbest von Lizard hauptsächlich ein Magnesiasilicat und hat mehr die Zusammensetzung eines Serpentin ohne seinen Wassergehalt.

Verlassen wir diesen kleinen Flächenraum, der bloss darum erwähnt wurde, weil die genannten feurigen Producte daselbst auf ein bestimmtes geologisches Alter bezogen werden können und die Localitäten leicht zugänglich sind, und wenden wir uns zu ausgedehnteren und entfernteren Orten, so wird dem Beobachter alsbald die Aehnlichkeit feuergebildeter Producte auffallen. Wir haben bereits erwähnt, dass die Producte thätiger und erloschener Vulkane eine bedeutende Aehnlichkeit in verschiedenen Theilen der Erdoberfläche darbieten. Dieselbe Aehnlichkeit findet man im Allgemeinen auch in den Producten verschiedener Länder, in welchen die Mineralien der Feldspath- und Hornblendefamilie vorherrschen, mit oder ohne einen Ueberschuss von Kieselerde in der Form von Quarz. Obgleich die eigentliche Art ihres Vorkommens in den zahlreichen und verschiedenen Localitäten, in denen man sie besitzt, nicht immer gehörig bekannt ist, und obgleich gewisse Nachrichten über die Art ihrer Vergesellschaftung mit anderen Gesteinen mehr eine Berücksichtigung der neueren Untersuchungsmethoden verlangen, so ersehen wir daraus doch wenigstens die grosse mineralogische Aehnlichkeit von vielen dieser feuergebildeten Producte in weit entfernten Theilen der Erdoberfläche. Vom chemischen Gesichtspunkte aus ist darin noch viel zu thun, besonders rücksichtlich der Modificationen, die durch das Vorherrschen mancher einfacher Substanzen in gewissen Zeiten und von gewissen Orten stattfinden. Unter der Abtheilung feuergebildeter Gesteine, denen der Name Grünstein gegeben wurde, giebt es zahlreiche Varietäten von dem krystallinischen Zustande, in welchem die Gemengtheile, Feldspathe und Hornblende,

Digitized by Google

noch in wechselnden Verhältnissen unterscheidbar sind, bis zu dem Gestein, in welchem die Masse dieser Mineralien sich nicht in bestimmte mineralische Gemengtheile geschieden hat. Bei einem Ueberschuss an Kieselerde über die Menge, die für die Silicate der Mineralbestandtheile nöthig ist, bildet sich Syenit, und es kommt zu den zwei anderen Gemengtheilen noch Quarz hinzu. Ferner finden sich bisweilen bei einer körnigen Structur des Feldspaths und der Hornblende Krystalle von Feldspath durch die Masse verbreitet, und es bilden sich Grünstein oder Syenitporphyre. Ueberhaupt sind die Varietäten so zahlreich und hängen auf der einen Seite von Verschiedenheiten der chemischen Zusammensetzung ab, und auf der anderen von verschiedenen Verhältnissen der Abkühlung, dass man nach einem allgemeinen Namen für das Ganze gesucht hat, der die genaue Zusammensetzung des Gesteins für die Beschreibung offen lässt. Der Name Trapp wird besonders oft von englischen Geologen für diese Classe von feuergebildeten Gesteinen gebraucht. Dieser Name ist allerdings nicht frei von Einwürfen, aber in dem jetzigen Zustande unserer Kenntnisse ist dieser oder irgend ein anderer allgemeiner Name bequem zur Bezeichnung gewisser Gesteine, die eine allgemeine Familienähnlichkeit haben.

Diese Classe von feuergebildeten Gesteinen findet sich zwischen den Ablagerungen jedes geologischen Alters von den älteren bis zu solchen, die in die Zeit fallen, in welche auch die früher erwähnten Basalte und die ihnen vergesellschafteten Producte an die Erdoberfläche kamen. Da die Art ihres Vorkommens, selbst in den alten silurischen Ablagerungen eine solche ist, dass sie uns an die Producte moderner Vulkane erinnert, so ist es auch wahrscheinlich, dass von jener geologischen Zeit an bis jetzt Gesteine einer ähnlichen Art aus vulkanischen Mündungen empordrangen, Mündungen, die den jetzt über die Erdoberfläche verbreiteten ähnlich waren.

Blickt man auf die granitischen Gesteine als eine Classe, so haben auch diese eine grosse Familienähnlichkeit in verschiedenen Theilen der Welt, obgleich man nicht immer scharfe Unterschiede zwischen ihnen und den früher erwähnten finden kann, indem die eine Classe in die andere übergeht, besonders wenn die hornblendeartigen Mineralien abwesend sind. Wenn diese Mineralien gegenwärtig sind, wie es bisweilen der Fall ist, so scheinen die hauptsächlichsten Unterschiede zwischen solchem Gemenge und den gewöhnlichen Graniten in der Häufigkeit oder Seltenheit der Silicate der Kalkerde und der Magnesia zu liegen, indem diese Substanzen verhältnissmässig einen kleinen Theil der granitischen Gesteine bilden, während sie wesentlich in die Zusammensetzung der Hornblendegesteine eintreten*). Wo die beiden Classen

*) Granite wechseln zwar in ihrer chemischen Zusammensetzung etwas, wie auch die Grünsteine, aber sie unterscheiden sich doch in ihrer allgemeinen

Digitized by Google

in einander übergehen, ist es oft wünschenswerth, zu sehen, wie weit die Hornblendegesteine früher ausgeworfen und fest und durch die granitischen Gesteine wieder geschmolzen wurden, wodurch etwas zu ihrer ursprünglichen geschmolzenen Masse hinzukam, und die Bestandtheile des Ganzen bei der Abkühlung sich so lagerten, dass sie ihr jetziges Ansehen darbieten.

Im Allgemeinen sind die granitischen Gesteine hauptsächlich aus Kieselerde und Thonerde gebildet, nach denen als Hauptbestandtheile Kali und Natron kommen, von denen das letztere wahrscheinlich bisweilen mehr vorherrschend ist, als man gewöhnlich angenommen hat. Die Kieselerde und Thonerde betragen oft 80 Proc. der ganzen Masse und lassen nur 20 Proc. für die anderen Substanzen. In Fällen, wo Oligoklas sich in granitischen Gesteinen findet, und entweder andere Feldspathe ersetzt, oder sich mit ihnen zusammen findet, bildet Kalkerde einen wichtigen Bestandtheil, obgleich Kieselerde und Thonerde immer noch die bezeichnendsten Bestandtheile in solchen Gesteinen sind. Es hat bis jetzt noch keine hinreichende Untersuchung granitischer Gesteine stattgefunden, aus denen das relative Vorherrschen von Natron, Kali oder Kalkerde während des Fortschritts der geologischen Zeit hervorgeht. In den oben erwähnten Graniten von Wicklow und Wexford, deren Entstehungszeit vor der Ablagerung der jüngeren Grauwacke (*old red*) fällt, kommt Natron in ziemlicher Quantität vor.

Was die geologische Zeit angeht, in der die granitischen Gesteine sich durch früher gebildete und gewöhnlich in ihren Lagerungsverhältnissen gestörte, im Wasser abgesetzte Ablagerungen erhoben haben, so haben dieselben die Schichten der ältesten Zeit, sowie die verhältnissmässig jugendlichen Schichten der Tertiärreihe durchbrochen. Ein Beispiel der letzteren Art findet sich in Catalonien. Man kann deshalb keinen Schluss in Beziehung auf das relative Alter dieser Gesteine aus der blossen Thatsache ihres Vorkommens an irgend einem bestimmten Orte ziehen. Dazu muss die Art und Weise benutzt werden, wie sie mit anderen Ablagerungen vergesellschaftet sind, deren geologisches Alter bestimmbar ist.

Auch die Serpentine und der ihnen nicht selten vergesellschaftete Gabbro scheinen durch eine lange geologische Zeit hindurch mit ziemlich gemeinsamen Merkmalen an der Oberfläche erschienen zu sein. Wir haben erwähnt, dass sie in Wales aus einer wahrscheinlich sehr frühen Zeit vorkommen. In Cornwall sind sie zwar nicht von gleichem Alter, gehören aber immer noch offenbar der älteren geologischen Zeit an. Auch in Irland scheinen sie in einer fernen geologischen Periode gebildet worden zu sein. Manche Länder zeigen, dass sie nicht auf

---

Zusammensetzung so, dass durch blosse Unterschiede in den Abkühlungsverhältnissen die ersteren niemals aus den letzteren hervorgehen können.

Digitized by Google

diese Zeiten beschränkt waren, sondern mit Ablagerungen von jüngerem Alter vergesellschaftet sind; und in Italien, wo man diese Gesteine sehr gut untersuchen kann, werden sie in Ablagerungen bis zur tertiären Zeit inclusive gefunden, indem der dortige Nummulitenkalk sich wahrscheinlich zu der Zeit gebildet hat, als die Ablagerungen der unteren Tertiärschichten in anderen Theilen von Europa statthatten.

Das Vorkommen von Serpentin und Gabbro in den Alpen und in den verschiedenen Ablagerungen der Jura- und Kreideformation in Italien, welche von ihnen durchsetzt werden, und in der Fortsetzung derselben Ablagerungen östlich an verschiedenen Orten bis nach Asien, ist ein bemerkenswerther Umstand. Hauptsächlich ist also hier zu beachten, dass diese Gesteine wahrscheinlich aus dem Erdinnern in verschiedenen geologischen Zeiten, über den Flächenraum von Europa von den frühesten Versteinerungen führenden Ablagerungen an bis zu einem Theile der Tertiärreihe aufstiegen. Da noch ein so grosser Theil der Erde geologisch zu untersuchen ist, so ist es voreilig, anzunehmen, dass diese Gesteine nicht an manchen Orten in noch jüngerer Zeit an der Oberfläche der Erde erschienen sind.

Wir haben gesehen, dass Magnesia einen Hauptbestandtheil des Serpentins ausmacht und dass die Menge dieser Substanz ebenso charakteristisch ist, wie die Verbindung des Kalks und der Magnesia bei den Hornblendegesteinen. Man darf indessen nicht schliessen, dass Magnesiasilicat allein in Betracht kommt, da die Gemenge, in welchen Diallag verbreitet ist und selbst vorherrscht, zeigen, dass auch andere Substanzen in die Zusammensetzung der Masse eintraten, als sie im geschmolzenen Zustande war. Bei einer solchen Masse wurden die Bestandtheile, die für die Bildung des Diallags nöthig waren, bloss aus ihr unter günstigen Verhältnissen ausgesondert, indem die Kalkerde, das Eisenoxydul und die Thonerde wahrscheinlich früher in einem mehr vertheilten Zustande in ihr vorhanden waren. Bisweilen ist die Masse des immer noch nach seinem Ansehen Serpentin genannten Gesteins und der aus der Masse herauskrystallisirte Diallag fast von derselben Zusammensetzung*).

---

*) Hierher gehört z. B. der sogenannte Schillerfels aus dem Gabbro von der Bastei bei Harzburg, in welchem die ausgeschiedenen Krystalle von Schillerspath und die Grundmasse nach Köhler fast dieselbe Zusammensetzung haben.

	Die Krystalle enthalten:	Die Grundmasse:
Kieselerde	43,900	42,364
Magnesia	25,856	28,903
Kalkerde	2,642	0,627
Eisenoxydul und etwas Chromoxyd	13,021	13,268
Manganoxydul	0,535	0,853
Thonerde	1,280	2,176
Wasser	12,426	12,071

Digitized by Google

Was die Schmelzbarkeit feuergebildeter Gesteine im Allgemeinen angeht, so bieten sie ohne Zweifel beträchtliche Unterschiede dar. Zu gleicher Zeit muss man aber beachten, dass Versuche mit ihnen in der Beschaffenheit, wie wir sie finden, nicht genau das Maass ihrer Schmelzbarkeit geben, als sie in einem geschmolzenen Zustande waren, und ehe sich bei manchen bestimmte Mineralien ausgeschieden hatten, da dann gewisse Gemenge sich bildeten, die oft weit schwieriger zu schmelzen sind, als wenn das Ganze gleichsam wieder in seinem alten Zustand einer geschmolzenen Masse gebracht, und der glasige Zustand herbeigeführt wird, und keine bestimmten Mineralien gebildet wurden *). Es wird darum wünschenswerth, die Schmelzbarkeit dieser Gesteine mit Bezug auf eine vollständige Mischung aller ihrer Bestandtheile und vor einer Trennung von einigen von ihnen, oder des Ganzen in krystallinischen Verbindungen zu betrachten.

Wenn wir annehmen müssen, dass manche von diesen Gesteinen aus vulkanischen Mündungen, die den modernen Vulkanen ähnlich waren, ausgeworfen wurden, so muss man beachten, dass sie auch von dem Ausbruch von Dämpfen und Gasen begleitet waren, und Sublimationen verschiedener Art in jenen Zeiten eben so statthatten, wie jetzt. Als eine sehr gewöhnliche Substanz mit den Gemengen von Feldspath und Hornblende, selbst denen, die mit den älteren Versteinerungen führenden Gesteinen auftreten, findet sich die Verbindung von Schwefel mit Eisen, und Schwefelkies ist in der That oft ein sehr hervorstechender Bestandtheil der sogenannten Grünsteine. Er ist aber nicht auf diese beschränkt, indem die mehr feldspathigen Producte denselben ebenfalls oft enthalten.

Bei den verschiedenen Modificationen und Veränderungen der Structur, denen die mit der letzteren Classe von feuergebildeten Gesteinen vergesellschafteten Ablagerungen oft unterworfen waren, lässt sich erwarten, dass diese durch den Einfluss ähnlicher Verhältnisse ebenfalls in ihren Bestandtheilen oft modificirt worden sind. Wirklich zeigen diejenigen feuergebildeten Producte, welche blasig gewesen sind, durch die verschiedenen in ihnen sich findenden Substanzen, dass Mineralstoffe oft in eigenthümlichen Lösungsmitteln in Bewegung waren und sich beim Durchgang durch das poröse Gestein in den

*) Bei Versuchen über die Schmelzbarkeit feuergebildeter Gesteine haben wir oft beträchtliche Unterschiede zwischen dieser Schmelzbarkeit gefunden, je nachdem ein krystallinisches und gemengtes Gestein zu einem Glas geworden war, oder wenn dieselbe Masse von Wärme zuerst auf dasselbe wirkte. Auf dieselbe Weise werden künstliche Gläser, welche geschmolzen waren und sich langsam abkühlten, so dass sie eine steinige Masse bildeten, oder bloss einer Temperatur ausgesetzt wurden, bei welcher eine gewisse krystallinische Anordnung ihrer Bestandtheile statthatte, schwieriger schmelzen, als in ihrem ersten Zustande.

Digitized by Google

Höhlungen der blasigen Masse als bestimmte Mineralverbindungen geordnet haben. Viele lösliche Substanzen, die meist in der Masse solcher Gesteine verbreitet waren, könnten leicht anderswohin transportirt worden sein und durch neue Verbindungen zur Bildung weniger löslicher Substanzen beigetragen haben. So finden sich viele in jugendlichen vulkanischen Producten verbreitet, welche man kaum jetzt in denen älterer Zeit entdecken wird, angenommen, dass sie einst in ihnen vorhanden waren. In Betracht der Bedingungen, denen feuergebildete Gesteine aus älterer Zeit unterworfen gewesen sein müssen, lässt sich kaum erwarten, dass sie, wenn sie dem Einfluss lange anhaltender Hitze in Folge einer Senkung zu beträchtlichen Tiefen, besonders unter einer mächtigen Decke von anderen Ablagerungen unterworfen waren, z. B. Obsidian, ihre glasige Beschaffenheit bewahren konnten, indem dieselbe durch die gewöhnlichen Ursachen der Entglasung verschwand, und die Gemengtheile eine steinige Beschaffenheit annahmen.

Was die Mineralien angeht, welche an manchen Orten als ausserwesentliche in dem Granit vorkommen, und selbst in den Gesteinen, in welchen hauptsächlich Hornblende und Feldspath vorherrschen, so sind dieselben oft sehr mannigfaltig, und wie Elie de Beaumont in Bezug auf den Granit bemerkt, besonders in ihren äusseren Theilen verbreitet *) Während dieselben oft bloss andere Lagerungen der in der ganzen Masse enthaltenen einfachen Substanzen in verschiedenen Verhältnissen sind, scheinen sie in anderen Fällen von den Gesteinen hergeleitet zu sein, die die geschmolzene Masse berührte, oder während der langen Fortdauer der Umstände, namentlich grosser Hitze, gebildet worden zu sein, welche nach dem Aufsteigen dieser feuergebildeten Gesteine an verschiedenen Orten geherrscht haben. Unter diesen Mineralien finden sich besonders Granaten verschiedener Art, und jener sowohl in den feuergebildeten, wie in den früher vorhandenen und später modificirten Gesteinen, mit welchen die ersteren in Berührung kamen. Wenn wir die verschiedenen Substanzen ins Auge fassen, welche sich nach den Analysen neben den die Hauptmasse der feuergebildeten Gesteine bildenden befinden **), so lässt sich erwarten, dass, wenn diese verhältnissmässig häufig sind und ihnen eine freiere und weniger von dem die

*) *Sur les Emanations Volcaniques et Métallifères. Bull. de la Soc. Géolog. de France*, (2) *IV.* 1847.

**) In seiner Uebersicht über die Vertretung der Elemente in der Natur giebt Elie de Beaumont (*Bull. de la Soc. Géolog. de Franc*, (2) *t. IV.*) die folgenden aus dem Granit an: Kalium, Natrium, Lithium, Calcium, Magnesium, Yttrium, Glucinium, Aluminium, Zirconium, Thorium, Cerium, Lanthanium, Didymium, Uranium, Mangan, Eisen, Kobalt, Zink, Zinn, Blei, Wismuth, Kupfer, Silber, Palladium (?), Osmium, Wasserstoff, Silicium, Kohlenstoff, Bor, Titan, Tantal, Niobium, Pelopium, Wolfram, Molybdän, Chrom, Arsenik, Phosphor, Schwefel, Sauerstoff, Chlor, Fluor.

Digitized by Google

wesentlichen Mineralien bildenden Einflusse controlirte Bewegung gestattet ist, sich Verbindungen einer bestimmten Art bilden und von der Masse trennen werden. So werden bisweilen Mischungen von noch anderen als den gewöhnlichen Substanzen gebildet werden, die an manchen Orten der Erde selbst mächtige Massen ausmachen und der gewöhnlichen granitischen Mischung einen eigenthümlichen Charakter verleihen.

Unter den ausserwesentlichen Gemengtheilen granitischer Gesteine muss der Chlorit erwähnt werden, in soweit derselbe neben einer Modification der Mischung und relativen Verhältnisse von einigen der gewöhnlichen Bestandtheile granitischer Mineralien, wie Kieselerde, Thonerde, Magnesia, Eisenoxydul und Manganoxydul, auch Wasser als wesentlichen Gemengtheil enthält.

In Bezug auf die verschiedenen Mineralien, welche gleichsam zu denen noch hinzukommen, die gewöhnlich die Masse der hauptsächlichen Abtheilungen der feuergebildeten Gesteine ausmachen, muss man nicht nur die Vertretung in verschiedenen Verhältnissen von anderen Substanzen als die gewöhnlichen Elemente in Betracht ziehen, indem man diese nach ihrer grösseren oder geringeren Menge berücksichtigt, sondern auch das, was durch das theilweise Schmelzen von früher fest gewordenen Ablagerungen hinzugekommen ist, selbst von sedimentären und durch die Injection feuriger Gesteine wieder geschmolzenen Ablagerungen. Obgleich ein grosser Theil der gewöhnlichen Detritusablagerungen nur abgeriebene Theile von früher festgewordenen feuergebildeten Gesteinen sind, die sich auf die bekannte Weise ausbreiteten, so hat dies doch am häufigsten in der Art stattgefunden, dass ein Wiederschmelzen der dadurch gebildeten Ablagerungen nicht das ursprüngliche Gestein hervorbringen würde, indem die verschiedenen Theile sich mechanisch in verschiedene Schichten getrennt haben, und die Zersetzung vielen von den Fragmenten gewisse Elemente entzogen hat. Wenn z. B. Kali- oder Natronsilicate aus einem Feldspath entfernt werden, von dem sie früher einen Theil ausmachten, so enthält die wiedergeschmolzene Masse keins von diesen Silicaten, sondern Thonerdesilicat ist vorherrschend. Wenn eruptive Gesteine, wie z. B. das gewöhnliche Granitgemenge, Kalksteine schmelzen, so kann die Kalkerde zur geschmolzenen Masse treten, und es können sich nach der Austreibung der Kohlensäure Kalksilicate bilden, die sich zu anderen Mineralien vereinigen, als die sind, welche den Granit bei seinem Aufsteigen bildeten. Ebenso ist es mit dem Dolomit, der nicht nur die Kalkerde, sondern auch die Magnesia für die Bildung von Hornblende liefern könnte, wenn die übrigen Elemente derselben in der Nähe sind.

Da die Feuerproducte verschiedener geologischer Zeiten Vieles mit einander gemein haben, und die Aufmerksamkeit eines Beobachters auf eine allgemeine Ursache lenken, welche zwar unter gewissen Umstän-

Digitized by Google

den bedeutend modificirt wurde, aber doch immer einen wichtigen geologischen Einfluss ausübte, so ist der Gegenstand ausführlich ins Auge zu fassen, so dass zwar eine hinreichende und sorgfältige Aufmerksamkeit auf locale Modificationsursachen gerichtet, aber die grosse Ursache dieser eruptiven Producte im Allgemeinen nicht vernachlässigt wird. Welches also auch die Bedingungen gewesen sind, unter denen in vergangenen geologischen Zeitaltern Substanzen wahrscheinlich nach der Art moderner Vulkane ausgeworfen wurden, so scheint doch von Zeit zu Zeit geschmolzene Masse von einem sehr gemeinsamen allgemeinen Charakter immer zur Erhebung in grösserer Menge bereit zu sein, wo sich grosse Zerreissungen von früher gebildeten Ablagerungen auf der Erdoberfläche bilden. Während demnach die kleineren und vielleicht modificirten Manifestationen der Bedingungen zum Ausbruch feuergebildeter Substanzen im Allgemeinen an verschiedenen Orten der Erdoberfläche für jede Zeit constant waren, und sich diese Substanzen mit den gewöhnlichen Ablagerungen ihrer Zeit vermischten, so wurde von Zeit zu Zeit eine grössere Menge geschmolzener Masse und mit ihr solche feuergebildeten Producte, und die ihnen vergesellschafteten sedimentären Ablagerungen, erhoben, als wenn die frühere Thätigkeit zwar intensiv aber oberflächlich im Vergleich mit der gewesen wäre, von welcher die ausgedehnteren und wichtigeren Bewegungen herrührten. Wie dies auch sein mag, so bilden die feuergebildeten Producte Gegenstände von dem grössten Interesse, sowohl als Quelle für den so grossen Theil der sedimentären Ablagerungen, wegen der Modificationen, die sie so häufig in den Ablagerungen bewirkt haben, in denen sie aufgestiegen sind, wegen der Unterschiede und Aehnlichkeiten, die sie unter sich selbst haben, oder wegen der von ihnen gelieferten Beweise, dass während des langen Verlaufs geologischer Zeit, von der wir Wissenschaft haben, bis zu der heutigen Zeit, Mineralmasse in einem geschmolzenen Zustande erhoben worden ist, und diese Masse hauptsächlich aus den Oxyden einiger wenigen einfachen Substanzen besteht, von denen besonders zwei, Natrium und Kalium, nicht nur wegen ihrer Leichtigkeit merkwürdig sind, sondern auch wegen ihrer grossen Verwandtschaft zum Sauerstoff, so dass sie Wasser zersetzen und demselben den Sauerstoff entziehen.

Festwerden und Lagerung der Gemengtheile von Gesteinen.

Wenn das Gerölle, der Sand, Schlich, Thon oder Schlamm verschiedener geologischer Zeiten sich dem Geologen in der Gestalt von Conglomeraten, Sandsteinen, sandigen und thonigen Schiefern und Schieferthonen darstellen, so sind ihre ursprünglich herbei geschwemmten

Digitized by Google

oder auf andere Weise in die Lage, in der sie sich jetzt befinden, gebrachten Theile, entweder durch später zwischen sie eingeführte Mineralmasse verbunden worden, oder durch eine Veränderung in der Beschaffenheit eines Theils der ursprünglichen Ablagerung, wodurch diese Theile in einer veränderten Gestalt als Cement für den Rest dienen konnten. Dass kohlensaurer Kalk, Eisen und Manganoxyd und bisweilen Kieselerde als Substanzen dienen, welche eckige oder abgerundete Gesteinstücke an den Gehängen der Berge oder anderen Orten verkitten, wo Quellen, die diese Substanzen enthalten und absetzen, vorkommen, ist bekannt. Ebenso lässt sich erwarten, dass so gebildete Breccien, Conglomerate und selbst Sandsteine bisweilen Theile einer Reihe geologischer Bildungen ausmachen. Es lässt sich auch denken, dass während geologischer Veränderungen Gerölle und Sand an den Ufern und am Boden von Seen und Meeren so unter isolirte Theile von Wasser kommen, in welchen der Zutritt von Flüssen oder Strömen nicht hinreicht, dem Verlust durch Evaporation zu begegnen, dass gewisse in Lösung gehaltene Substanzen langsam zwischen das Gerölle, den Sand, Thon und Schlamm abgesetzt werden, und dieselben auf mannigfaltige Weise modificiren, verändern oder festmachen.

Unabhängig von diesen Wirkungen indessen muss der Beobachter seine Aufmerksamkeit auf Modificationen, Veränderungen und Festwerdung von einer weit allgemeineren Art richten, für deren Erklärung irgend eine weit allgemeinere Ursache nöthig ist. Das relative geologische Alter der Gesteine giebt keine hinreichende Ursache für diese Wirkungen ab, obgleich dasselbe in so weit wichtig ist, als unter sonst gleichen Umständen eine grössere Wahrscheinlichkeit vorhanden ist, dass die älteren Gesteine die festeren und in ihrer Structur am meisten verändert sind, da sie im Laufe der Zeit mehr den Ursachen ausgesetzt waren, welche das Festwerden und die Veränderungen hervorriefen.

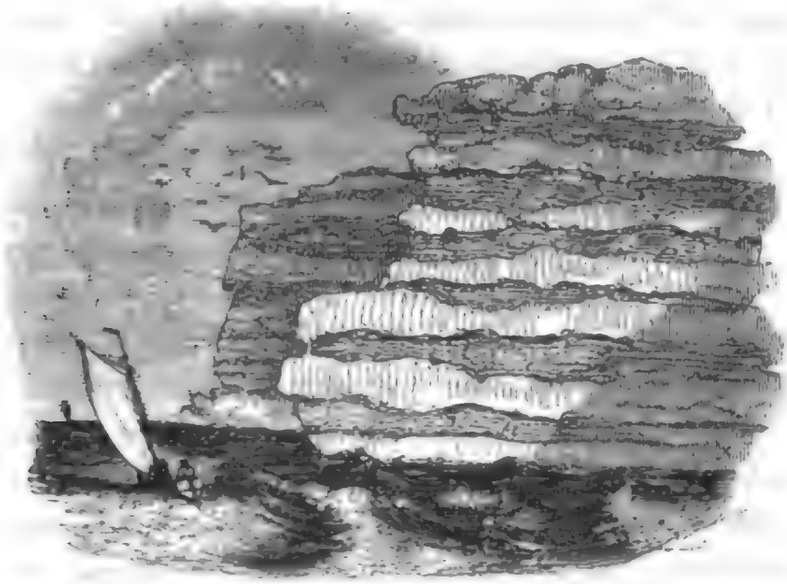
Betrachten wir zuerst die Modificationen, welche in einer Schicht oder einer Masse von Schlamm oder Thon, deren Zusammensetzung wechseln kann, nach ihrer Ablagerung entstehen können. Nehmen wir als Beispiel die abwechselnden Schichten von thonigen Kalksteinen und oft kalkhaltigen Schieferthonen, welche sich in dem Lias des westlichen Europas finden, und welche das Resultat eines ungleichen Absatzes von Schlamm und Kalkmasse zu sein scheinen, bei dem zuweilen der eine oder die andere vorherrschte. Beispiele von unregelmässigen Ablagerungen dieser Art sind indessen keineswegs auf eine bestimmte Zeit beschränkt, da man diese Art der Niederschläge sowohl unter den älteren wie unter den jüngeren geologischen Ablagerungen findet. Die folgende Fig. 232 erläutert diese Art von Abwechselung der Schichten, wobei die Oberflächen derselben unregelmässig sind.

Für sich kann ein solcher Durchschnitt uns bloss den Beweis für einen Wechsel der Bedingungen liefern, durch welche kohlensaurer

Digitized by Google

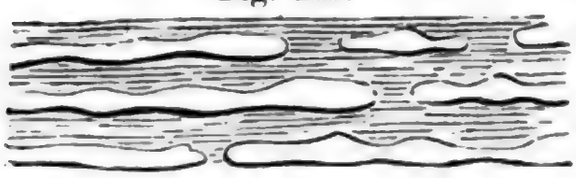
Kalk zu einer Zeit mehr als zu einer andern abgelagert wurde, obgleich man bei gehöriger Sorgfalt oft Oberflächenformen verfolgen kann,

Fig. 232.



welche auf eine Entziehung der Kalkmasse von dem benachbarten ursprünglichen Thon oder Schlamm hindeuten, ein Umstand, welcher deutlicher wird, wo die Kalkmasse in der allgemeinen Ablagerung abgenommen hat, und viele unregelmässige Stellen des thonigen Kalksteins und Knollen davon reihenweise geordnet oder mehr durch die Ablagerung zerstreut sind, wie der folgende Durchschnitt zeigt (Fig. 233.)

Fig. 233.



In solchen Fällen scheint die Kalkmasse einer gegebenen Ablagerungszeit an verschiedenen Punkten in oder in der Nähe derselben Ebene, in der die Ablagerung überhaupt sich anhäufte, sich gesammelt und das Material sich um diese an verschiedenen Orten der Ebene befindlichen Punkte geordnet zu haben, so dass eine oder mehrere Knollen mit einander verbunden wurden, während andere isolirt blieben. Diese Vereinigung von gleichartigem in einer weichen schlammigen oder thonigen Masse verbreiteten Material lässt sich um so mehr erwarten, wenn wir uns an die Art erinnern, auf welche gleichartige Masse aus Lösungen sich vereinigt, gleichsam mit Gewalt an Punkte gezogen wird, wo ein Theil davon zuerst abgelagert wurde.

Thatsachen dieser Art finden sich ebenso schön bei den Nieren von Spatheisenstein, die in der Steinkohlenformation so verbreitet sind, und sie deuten auf eine Trennung der Carbonate aus der schlammigen Masse und grösstentheils in Ebenen, die mit der Zeit ihrer ursprünglichen Ablagerung übereinkommen, welche letztere hauptsächlich als Detritus und aus mechanischer Suspension stattfand. Bisweilen findet man, dass diese Vereinigung von gleichartigen Stoffen aus einer Masse, in welcher sie ursprünglich verbreitet waren, und die gewöhnlich in

Digitized by Google

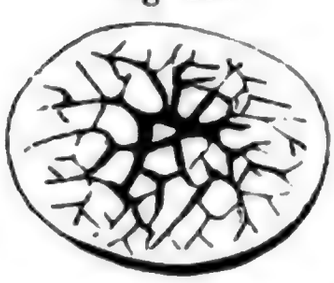
einer bestimmten Ebene und Mächtigkeit erfolgt, so stattgefunden hat, dass eine gewisse schichtenförmige Anordnung der Theile nicht zerstört wurde. Beispiele dieser Art sieht man in einer oder zwei Reihen von Knollen in dem Lias von Lyme Regis in Dorsetshire, wo diese wie in der folgenden Fig. 234 die Schichtung der ursprünglichen Ablagerung noch bewahren, wie man leicht sieht, wenn man die Knollen in dieser Ebene zerbricht. In diesen Steinen scheinen nicht selten organische Reste, wie ein Fisch, ein Nautilus, ein Ammonit oder ein Stück Holz einen Punkt gebildet zu haben, um welchen sich der kohlensaure Kalk ansammelte, obgleich dies keineswegs immer der Fall gewesen ist, da man sie bisweilen ohne organische Reste findet, oder dieselben nur in einem zerstreuten Zustande enthalten.

Fig. 234.

Solche Concretionen und Trennungen von Theilen sind zu gleicher Zeit eine Modification der ursprünglichen Ablagerung und ein theilweises Festwerden derselben. Als ein Beweis, dass die Masse weich war, als die Knollen gebildet wurden, findet der Beobachter oft, dass während dieselben Arten organischer Reste und besonders dünne Muschelschalen in derselben Ebene abgeplattet wurden, sie in dem damit vorkommenden Mergel, Thon und Schieferthon in den Knollen verhältnissmässig gut erhalten und nicht zusammengedrückt sind, indem das Festwerden der letzteren sie vor dem Druck beschützte, denen die in dem Rest der Ablagerung unterworfen waren, welcher damals in einem nachgiebigen Zustande war.

In Bezug auf die Zeit und Art des Festwerdens der Knollen, kann man dieselben oft bei den sogenannten Septarien studiren, wo nach der Concretion gleichartiger Masse, wie z. B. des kohlensauren Kalkes, in vielen Thon- oder Schieferthon-Ablagerungen oder des kohlensauren Eisenoxyduls in den Spatheisensteinnieren in der Steinkohlenformation und einigen anderen Gesteinen, eine Zerklüftung des Innern und zwar nach einem theilweisen Festwerden stattgefunden hat, da der Bruch gewöhnlich scharf ist und auf eine hinreichende Cohäsion der Theile hindeutet. Der folgende Durchschnitt, Fig. 235, zeigt die Art, auf welche solche Knollen in dem Innern gewöhnlich zerbrochen sind, und die Sprünge sich nicht auf ihre äussere Oberfläche erstrecken, als wenn ein Einschrumpfen der Theile von dem Mittelpunkte nach aussen stattgefunden, so dass die weitesten Oeffnungen im Innern sind. In Knollen dieser Art, die in manchem Thon, Mergel und Schieferthon häufig sind, sind die Sprünge gewöhnlich je nach dem Charakter der Ablagerungen ausgefüllt, von denen die Knollen einen Theil ausmachen; so findet sich kohlensaurer

Fig. 235.



Digitized by Google

Kalk in denen, in welchen diese Substanz sehr verbreitet ist, und kohlensaures Eisenoxydul, wo das letztere vorwaltet. Bisweilen kommen auch andere Substanzen vor, wie andere Eisenerze, nebst Bleiglanz, Zinkblende, Schwefelkies, Kupferkies und viele andere Mineralien.

Knollen und verschieden geformte Massen von phosphorsaurem Kalk kommen auch bisweilen auf eine Weise vor, die auf eine Concretion ihrer Bestandtheile aus früherer Verbreitung in den benachbarten sedimentären Ablagerungen hindeutet. Auf diese Weise scheinen die Lagen von Knollen und anderen Formen von phosphorsaurem Kalk in dem unteren Theile der Kreideformation des südwestlichen Englands und in Frankreich gebildet zu sein. Nach Austen*) sind die Knollen aus concentrischen Schichten, wie die Achate gebildet, und derselbe deutet auf die Wahrscheinlichkeit hin, dass die Phosphorsäure einen Theil von Excrementen oder Coprolithen bildete, welche nebst anderen organischen Körpern in der Periode der ursprünglichen Ablagerung angehäuft wurden und in dem Schlamme und Sande jenes Ortes und jener Zeit verbreitet waren. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass phosphorsaurer Kalk in Gesteinen viel weiter verbreitet ist, als man früher glaubte. Wenn freie Kohlensäure im Wasser zugegen ist, ist der phosphorsaure Kalk wie der kohlensaure löslich, obgleich nicht in derselben Menge wie der letztere; so dass leicht die Bedingungen vorhanden sein können, unter welchen derselbe sich nicht nur in den Gesteinen, durch welche seine Theilchen sich bewegen, sondern auch in Concretionen von verschiedener Form ansammeln kann. Das mit freier Kohlensäure imprägnirte Wasser gewährt nicht allein die Mittel zum Transport solcher Theilchen, sondern lässt auch in den von Austen erwähnten Fällen eine Mischung von coprolithischen mit vegetabilischen Stoffen zu, wobei die Zersetzung der letzteren, sowie der Excremente die nöthige Kohlensäure in der erforderlichen Lösung liefert.

Die Concretion gleichartiger Masse in Knollen sieht man auch bisweilen in Ablagerungen von Quarzsand, wobei dieselben an verwitterten Ufern oder Klippen hervorstehen. Bisweilen sind die Knollen in den sandigen Ablagerungen zerstreut, während sie in anderen Fällen bestimmte Ebenen einnehmen, die den Ablagerungsebenen entsprechen und so in der Art ihres Vorkommens den oben erwähnten Knollen von kohlensaurem Kalk und Eisenoxydul gleichen. In vielen sandigen Ablagerungen ist die cementirende Substanz der Knollen bisweilen kalkig, und rührt offenbar von dem einst mehr in dem Sande zerstreuten Kalke her und wurde zwischen den Körnern aus einer Lösung des Bicarbonats in dem Wasser abgelagert, welches entweder den Sand in mechanischer Suspension transportirte oder ihn über dem Meeres- oder Seeboden jener Zeit hintrieb. Auch das Eisenoxydhydrat findet man in

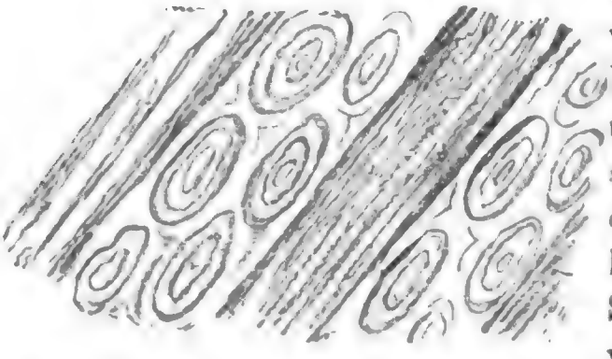
*) *Journal of the Geological Society of London, IV., p.* 257, 1848.

Digitized by Google

dergleichen Nieren entweder zerstreut oder in bestimmten Ebenen als Bindemittel von Sand.

Selbst bei den älteren sedimentären Ablagerungen findet sich diese Structur. Eine Trennung von Kalkmasse in Knollen aus den Bestandtheilen einer ursprünglichen Schlammablagerung sieht man aber ebenso gut in der unter dem Namen der silurischen bekannten Gebirgsformation, in den Wenlock-Schiefern und Kalksteinen dieser Reihe, wie sie in Wales und England vorkommen, wie in weit jüngeren geologischen Bildungen. So verhält es sich auch mit den Concretionen von Kieselerde in knolliger oder sphäroidalischer Form, und es geht aus ihnen hervor, dass die Bedingungen für diese Bildungen durch eine lange geologische Zeit geherrscht haben. Der folgende Durchschnitt, Fig. 236, eines Theils der oberen Abtheilung der silurischen Reihe (sog. Ludlow-Gesteine) von Brecknockshire in Cwm-ddu bei Llangammarch, zeigt die kugelförmige Structur dieses sandigen Gesteins in gewissen Schichten. Wie die Zersetzung des Gesteins zeigt, hat sich Lage auf Lage um centrale Structurcentren gelagert, die in gewissen Schichten verbreitet liegen. Bisweilen haben Concretionen dieser Art viele Fuss im Durchmesser. Oft entdeckt man sie nur auf einer Felsfläche durch krumme Linien, die von Eisenoxyd gefärbt sind, und die, wenn man sie weiter verfolgt, den Kugelflächen entsprechen.

Fig. 236.



Wann die Bildung dieser Structur in den Ablagerungen stattgefunden hat, ist nicht leicht anzugeben, da sie bei ihrem Vorkommen in den älteren Formationen ebenso, wie viele in den jüngeren Ablagerungen vor dem Festwerden der sandigen Theile um die kugelförmigen Concretionen und Knollen gebildet worden sein können, und die ganze Schicht oder sämmtliche Schichten ferneren Bedingungen des Festwerdens unterworfen waren, nachdem sich gewisse Theile von ihnen in solche Concretionen von gleichartiger Masse gesondert hatten.

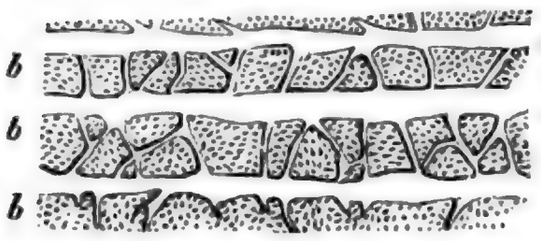
Es giebt gewisse andere Ausscheidungen der ursprünglichen Theile einer Ablagerung, wo die Moleküle eine solche freie Bewegung besassen, dass sie Krystalle gebildet haben. Ein Beispiel hiervon geben der krystallisirte Schwefelkies in den Schlammablagerungen verschiedener geologischer Zeiten, und Gruppen von Gypskrystallen in verschiedenen Thonbildungen. Würfel und andere Formen von Schwefelkies sind so häufig in den ältesten feinen Sedimentärablagerungen und kommen in einer Weise vor, die keinen Zweifel darüber lässt, dass sie durch die Concretion ihrer Bestandtheile aus dem Schlamme gebildet wurden, in welchem sie verbreitet waren, wie in den Thonen der tertiären Abla-

Digitized by Google

gerungen. Dass Schwefelkies sich um organische Reste in Gesteinen verschiedenen Alters ansammelt, besonders in solchen, die früher Schlamm und Thon waren, wo die Bewegung seiner Bestandtheile leicht war, lässt sich im Voraus annehmen, und ebenso ist die Bildung von Schwefelkies in Verbindung mit sich zersetzenden thierischen Stoffen wohl bekannt. So finden wir häufig Schwefelkies als Umhüllung organischer Reste und in mehr unregelmässigen Klumpen und Nestern, besonders in Thonen und Schieferthonen.

Was den schwefelsauren Kalk angeht, so bildet er oft, abgesehen von seinem Vorkommen in Krystallen, im Thon und Schieferthon beträchtliche Knollen und zerstreute, unregelmässige Massen, als wenn er unabhängig von ursprünglicher Ablagerung oder von einer Umwandlung aus dem kohlensauren Kalk durch den Zutritt von Schwefelsäure zum Kalk, sich aus der Masse des Gesteins getrennt und in einer weichen, schlammigen Ablagerung mit Verdrängung der letzteren concretionirt hätte. Gewisse Knollen kommen dergestalt so in bestimmten Linien vor, dass ihre Bildung wohl in derselben Weise, wie die oben erwähnten Knollen des kohlensauren Kalks und Eisens durch Concretion statthatte. Zugleich kommen Gypsschichten sowohl im Grossen wie im Kleinen zwischen Thon, Mergel und Schieferthon, besonders in den bunten Keupermergeln vor, dass es sehr schwierig ist, zu entscheiden, ob ihre Bildung ursprünglich in dem Thone und Schlamme aus Lösungen auf die von Bunsen angegebene Weise, oder theils auf diese Weise und theils durch Aussonderung in Gängen, die nach der Ablagerung und ihrer theilweisen Erhärtung gebildet wurden, statthatte. Der folgende Durchschnitt, Fig. 237, von Watchet in Somersetshire, aus den Keupermergeln, stellt ein gewöhnliches Vorkommen dar, wo Gypsschichten *a*, *a*, *a* durch Trumen derselben Substanz vereinigt sind, die die Mergel *b*, *b*, *b* in verschiedenen Richtungen durchsetzen und die das Ansehen ausgefüllter Spalten haben, in so weit der faserige Gyps in ihnen seine Fasern gewöhnlich im rechten Winkel zu den Kluftwänden hat, als wenn die Krystallisation gegen diese Wände stattgefunden hätte. Allerdings kann der Schein trügen, aber jedenfalls ist es ein interessanter Gegenstand der Untersuchung, wie weit eine solche Art des Vorkommens für eine ursprüngliche Ausscheidung und Ablagerung des schwefelsauren Kalkes spricht, gleichzeitig mit den Mergeln, oder für eine Aussonderung von wenigstens einem Theile derselben Substanz in Gängen nach der stattgefundenen Ablagerung und einer mehr allgemeinen Verbreitung des schwefelsauren Kalkes in der Masse derselben.

Fig. 237.



Wenn man die verschiedenen Umstände erwägt, denen die Ablagerungen in Meeren und Süsswasserseen nach ihrem ursprünglichen Absatz

Digitized by Google

unterworfen gewesen sein können, so wird man die Veränderungen würdigen, welche die ganze Masse von manchen erlitten haben mag. Der blosse Umstand, dass die oberflächliche Lage einer Ablagerung auf dem Grunde des Meeres und anderer Wasseransammlungen mit einer anderen vertauscht wird, wo dieselbe unter vielen und bisweilen verschiedenen Ablagerungen begraben wird, reicht allein hin, neue Lagerungen der Theile zu bilden, und dieses ohne eine Veränderung in der relativen Entfernung zwischen der Oberfläche des Wassers und der Ablagerung selbst. Wenn die Ablagerungen darüber mächtig sind, so entstehen Temperaturveränderungen mit ihren Folgen in Bezug auf die Bewegung wässeriger Lösungen, die durch Schichten von verschiedenen Graden der Porosität vertheilt sind.

Wir müssen ferner unsere Aufmerksamkeit auf die noch bedeutenderen Ursachen von Veränderungen richten, die auf eine Senkung solcher Ablagerungen in Bezug auf ihre relative Lage in der Erdrinde folgen müssen, wodurch sie unter eine erhöhtere Temperatur kommen, so dass ihre Bestandtheile und die verschiedenen Lösungen, mit welchen sie befeuchtet sind, durch diese Temperatur afficirt werden. Die Quellen, welche aus verschiedenen Gesteinen entspringen, und die durch das einfache Durchsickern von atmosphärischem Wasser durch poröse Schichten verschiedener Art gespeist werden, bis sie durch Dazwischentreten weniger durchdringlicher Schichten in ihrem Laufe aufgehalten werden und an die Oberfläche kommen, zeigen die Menge und Qualität der unter solchen Verhältnissen löslichen Substanzen, welche in den verschiedenen unter dem Meer oder anderen Gewässern gebildeten Ablagerungen verweilen können, nachdem viele von diesen Ablagerungen mehr oder weniger fest geworden und in die Atmosphäre erhoben worden sind, wo sie jetzt festes Land über dem Niveau des Meeres bilden. Bei Bohrversuchen oder Abteufen von Schächten, beim Treiben von Tunnels und Stollen und bei Brunnen verschiedener Art, besonders bei den sogenannten artesischen, hat man auch Gelegenheit, die löslichen Bestandtheile des Wassers zu erfahren, welches sich in den durchsunkenen Gesteinen findet, und wo man einen ziemlich stagnirenden Zustand des Wassers annehmen kann, ausgenommen in so weit, als eine Bewegung durch Spalten, Klüfte und die Poren der Gesteine selbst durch Unterschiede der Temperatur von der Oberfläche der Erde nach abwärts gegen das Innere stattfinden kann. Wir besitzen keine so genaue Angaben rücksichtlich der löslichen Substanzen, welche sich in dem in den Gesteinen verbreiteten Wasser befinden, als wünschenswerth ist, auch ist der lösliche Gehalt der verschiedenen Gewässer, welche sich durch Verwerfungsspalten an die Oberfläche erheben oder die in Bergwerken mit einer Temperatur aufsteigen, welche es wahrscheinlich macht, dass sie aus grösserer Nähe kommen, nicht so genau bekannt, um gehörig die Menge und Art der Substanzen zu schätzen, welche so

vorkommen können; aber selbst das über diesen Gegenstand Bekannte reicht hin, dem Beobachter den Werth von Untersuchungen in dieser Richtung zu zeigen.

Das Wasser, welches sich aus der Kreide in dem artesischen Brunnen auf dem Trafalgar-Platze in London erhebt, und welches aus diesem Gestein kommt, zeigt, dass von 68,24 Gran fester Materie in einer Gallone Wasser, 18 Gran aus kohlensaurem Natron bestehen, während sich der kohlensaure Kalk bloss auf 3,255 Gran beläuft, und so zeigen die in der Kreide und in jener mächtigen Decke von Londonthon unter London bis zu einem gewissen Grade stagnirenden Gewässer einen sehr verschiedenen Charakter der löslichen Substanzen, als die Quellen, welche aus der Kreide auf der Oberfläche ausfliessen, wo dieselbe beinahe oder ganz an die Oberfläche kommt *).

Unter den verschiedenen Substanzen, die in Lösung entweder in den Poren der Gesteine verbreitet vorkommen, oder aus ihnen gleichsam in Lösung durch durchsickernde und als Quellen wieder hervorkommende Wasser ausgewaschen werden, ist die so oft vorkommende grosse Menge von Chlornatrium besonders zu beachten. Es ist zu erwarten, dass dasselbe in den Ablagerungen von Schlamm, Schlich, Sand und Grus, welche unter dem Meere stattfanden, oft vorkommen, und bei der Erhebung solcher Ablagerungen in die Atmosphäre und der Durchsickerung von Regenwasser durch die auf diese Weise entstehenden Quellen, oft ausgewaschen werden müsse. Wir haben gesehen, dass in dem in der Kreide unter London verbreiteten Wasser diese Sub-

---

*) Die folgenden Substanzen fanden sich in einer Gallone des Wassers vom Trafalgarplatze nach Abel und Rowney:

	Gran.
Kohlensaurer Kalk . . .	3,255
Phosphorsaurer Kalk . .	0,034
Kohlensaure Magnesia . .	2,254
Schwefelsaures Kali . . .	13,671
Schwefelsaures Natron . .	8,749
Chlornatrium	20,058
Phosphorsaures Natron .	0,291
Kohlensaures Natron . .	18,049
Kieselerde	0,971
Organische Materie . . .	0,908.

In Fällen von löslichen Mineralstoffen, die in Gesteinen, wie die Kreide, unter London verbreitet sind, muss man nicht vergessen, dass, wenn eine Bewegung des in den Poren oder Spalten enthaltenen Wassers zugegen ist, um das durch Pumpen auf die Oberfläche gehobene, oder in Bohrlöchern aufsteigende und überfliessende zu ersetzen, die ursprüngliche Beschaffenheit des etwas stagnirenden Wassers durch die dergestalt nöthige Wassermenge verändert wird, so dass, wenn viele Quellen bis in den Kalk reichen, wie unter London, eine Bewegung von Wasser in der Masse dieses Gesteins nach den verschiedenen Quellen hin veranlasst wird, welche unter gewöhnlichen Umständen nicht stattgefunden haben würde.

Digitized by Google

stanz mehr als zwei Siebentheile des ganzen Gehalts an festen Bestandtheilen ausmacht. Blickt man auf das Chlornatrium allein und seine Verbreitung in Schichten von Quarzsand, und beachtet, dass das Ganze durch eine Senkung der Erdoberfläche in einer gegebenen Gegend in eine sehr erhöhte Temperatur kommen wird, so müssen Wirkungen durch die Bildung eines Natronsilicats stattfinden, welches das Festwerden des Sandes unterstützt, auf gleiche Weise, wie die Töpfer eine Salzglasur herstellen.

Beim Studium der verschiedenen Festigkeitsgrade der Gesteine wird der Beobachter oft auf die verschiedenen Zustände in dieser Beziehung aufmerksam, in welchen er die Schichten in einer Reihe von Ablagerungen gruppirt findet, und welche offenbar denselben allgemeinen Verhältnissen unterworfen gewesen sind. Es wird ihm wahrscheinlich deutlich, dass die ursprüngliche Beschaffenheit der Ablagerungen bestimmte Unterschiede in dieser Beziehung hervorbringen muss. Eine Schicht von reinem Quarzsand ohne Beimischung von anderer und schlammiger Masse musste durch ein Cement von reiner Kieselerde eine Substanz von einer härteren und festeren Art bilden, als wenn gewöhnlicher Sand, mit einem gewissen Antheil von Schlamm gemischt, abgelagert wurde, oder wenn die Körner aus verschiedenen Substanzen bestehen, so dass eine verschiedene Wirkung durch das Cement stattfand. In dem einen Falle konnte ein Quarzfels entstehen, in welchem es bisweilen schwierig ist, die ursprünglichen Sandkörner zu unterscheiden, indem eine grössere oder geringere Wirkung auf ihre Oberfläche durch die Art, in welcher die Infiltration des Kieselcements vor sich ging, stattfand, während in dem anderen Falle ein Sandstein von dem gewöhnlichen Festigkeitsgrade gebildet wurde. Das Vorkommen gewisser Quarzgesteine in Ablagerungen jeden geologischen Alters und zwischen anderen und gleichzeitigen Schichten kann man oft sehr gut studiren, und ebenso den Uebergang einer gewöhnlichen Sandsteinschicht in Quarzfels verfolgen. Ein Beispiel hiervon bietet ein Quarzgestein in dem Buntsandstein bei Bridgend, in Glamorganshire, da man dieselbe Schicht leicht nördlich von der Stadt, wo sie als gewöhnlicher Sandstein auftritt, bis zu dem Quarzfels an der Strasse nach Pyle Inn verfolgen kann. Veränderungen einer ähnlichen Art sind ziemlich häufig in dem Verlauf zahlreicher Gesteine, und zwar sowohl in einzelnen bestimmten Schichten, wie in mehreren von ihnen, und der Beobachter wird ohne Zweifel die Ursachen dieser Unterschiede eben so wohl in dem ungleichen und wechselnden Zufluss des Cements, je nach untergeordneten localen Einflüssen, suchen, wie in der verschiedenen ursprünglichen Zusammensetzung zusammenhängender Ablagerungen. Gewisse harte Quarzschichten unter Kohlenschichten zwischen Swansea und den Mumbles dienen zur Erläuterung einer wahrscheinlich durch die Zuführung von Kieselerde oder Silicaten nach ihrer ursprünglichen Ablage-

Digitized by Google

rung bewirkten Veränderung. In diesen Schichten finden sich die Wurzeln einer Pflanze (*Stigmaria*), die in der Zeit wuchs, als die Steinkohlenformation, von der sie einen Theil ausmachen, abgelagert wurde, und sich in dem offenbar nachgiebigen Boden jener Zeit ausbreiteten, wie in anderen ähnlich gelegenen Schichten desselben Districtes, welche Kohlenschichten tragen, und unter dem Namen der Unterthone (*underclays*) bekannt sind (S. 444), obgleich sie jetzt zu einer harten kieseligen Felsart verbunden sind, auf welche atmosphärische Einflüsse so wenig Wirkung ausüben, wie auf gewöhnlichen Quarzfels, indem nämlich die ursprünglich sedimentäre und locker zusammenhängende Masse der Schichten zu einer harten Quarzmasse umgewandelt wurde.

Blickt man auf die Menge von Sediment, welches mehr oder weniger durch Kieselerde oder durch Silicate erhärtet ist, so erlangt das Studium der Art und Weise, wie dieses stattgefunden haben mag, kein unbedeutendes Interesse. Man findet oft Kieselerde in einem reinen oder fast reinen Zustande in Höhlungen verschiedener Gesteine, besonders in denen von feurigem Ursprung, in welchen Löcher und Blasen zurückblieben. Man sieht solche Höhlen mit Achaten, Onyx, Chalcedon und Bergkrystall gefüllt, und es unterliegt keinem Zweifel, dass diese Kieselerde durch Infiltration und in Lösung in die Höhlungen und Blasen gelangte. Dies geht aus den oft stalaktitischen Formen hervor, und daraus, dass die Schichten der kieseligen Ablagerungen in Ebenen vorkommen, die offenbar in der Zeit, in welcher sie stattfanden, horizontal waren. Man sieht daraus, dass Kieselerde in den Poren von Gesteinen vorkommen kann und vorgekommen ist, die oft hart und dicht sind, und dass ihre Moleküle ihren Weg in einem reinen oder fast reinen Zustande in die Blasen und Höhlungen solcher Gesteine fanden.

Bei Untersuchungen dieser Art ist zu beachten, dass gewisse Silicate, besonders Kali- und Natronsilicate, sich leicht zersetzen, wenn freie Kohlensäure zugegen ist. Blickt man auf den Gegenstand im Allgemeinen, so sind solche Verhältnisse nicht so selten gewesen, als es den Anschein hat. An vielen Orten giebt die Zersetzung der Feldspathe in den granitischen und anderen Gesteinen Gelegenheit zur Bildung löslicher Silicate des Kalis und Natrons, und die Zuführung von Wasser mit freier, von der Atmosphäre herrührender Kohlensäure trennt das Kali oder das Natron von der Kieselerde, und die letztere wird unter günstigen Verhältnissen in den Poren von Gesteinen abgelagert. Da Kohlensäure aus der Zersetzung organischer Körper entsteht und, mit Wasser vermischt, auf die Silicate wirkt, so können dadurch ebenfalls günstige Verhältnisse für den Niederschlag von Kieselerde entstehen und zwar, wenn die Kohlensäure durch die Zersetzung von Vegetabilien gebildet wird, Absatz der Kieselerde zwischen die Poren und Höhlungen der Pflanzen selbst, wodurch ihre feinste Structur erhalten wird.

Digitized by Google

Obgleich die Kieselerde dergestalt unter günstigen Verhältnissen leicht von vielen Silicaten bei der gewöhnlichen Temperatur auf der Oberfläche der Erde getrennt werden kann, so verändern sich die Umstände bezüglich dieser Substanz, wenn die Hitze, der sie in ihrer Verbindung mit anderen Substanzen ausgesetzt wird, beträchtlich ist. Z. B. würde die Kohlensäure, statt die Silicate des Kalis und Natrons auf die angeführte Art zu zersetzen, ausgetrieben werden, und die Kieselerde mit den Alkalien verbunden bleiben. Während die geologisch so sehr wichtige reine Kieselerde schwierig im Wasser bei der gewöhnlichen Temperatur löslich ist, wird sie bei einer Erhöhung der Temperatur unter dem erforderlichen Druck, wie viele andere Substanzen, im Wasser bedeutend löslicher. Da wir nun einen vermehrten Druck und eine erhöhte Temperatur erhalten, wenn wir unter die Oberfläche der Erde steigen, so müssen keine geringe Veränderungen und Modificationen erfolgen, wenn sich mit Wasser befeuchtete Schichten einfach bis zu einer Tiefe senken, wo das Wasser auf die Gesteine wirken kann, in denen es verbreitet ist, und selbst auf die in der Form von Quarzkörnern vorkommende Kieselerde selbst, und diese Lösung auf die Bestandtheile der ursprünglichen Ablagerung selbst oder auf später zwischen ihre Theile eingeführte Stoffe wirkt.

Die Wirkung einer beträchtlichen Hitze auf Gesteine, welche eine Veränderung und Modification ihrer Bestandtheile hervorbringt, kann man oft an der Berührungsstelle eruptiver mit offenbar in Wasser abgesetzten chemischen oder sedimentären Bildungen studiren, und dadurch zu Schlüssen gelangen, wie solche Veränderungen im Grossen stattgefunden haben. In vulkanischen Ländern werden Substanzen, wie z. B. Thon, hart und gebrannt, wie Ziegel oder Backsteine, wenn ein Lavastrom über sie fliesst, und das Resultat ist dasselbe, wie wir es nach unserer Kenntniss der Wirkung der Hitze auf verschiedene Varietäten von Thon in unseren Fayence- und Porzellanmanufacturen haben. Manche Thone brennen oder backen sich schlecht, andere gut. In solchen Fällen ist das gewöhnliche Resultat die Bildung gewisser Veränderungen durch die Wirkung der von der flüssigen Lava mitgetheilten Hitze. Eine andere Modification der Theile findet statt, wenn ohne Verlust der ursprünglichen Form der betroffenen Ablagerung einige Bestandtheile sich von der Hauptmasse getrennt haben, in welcher sie verbreitet waren, und durch ihre Verbindung Krystalle bildeten, indem eine Beweglichkeit in diesen Theilen existirt, die, so weit es die Bedingungen für die Trennung der Hauptmasse und die erlangte Bewegung betrifft, der oben erwähnten in nachgiebigen Ablagerungen, wie Thonen, stattgehabten, ähnlich war.

Diese Modificationen in der Lagerung der Bestandtheile von Gesteinen finden sich in gewissen feurigen Producten jeden geologischen Alters. Man sieht sie eben so gut in den Ablagerungen eruptiver

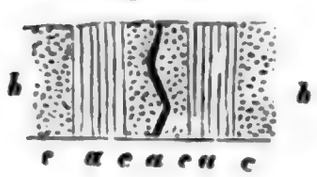
Digitized by Google

Massen mit den alten silurischen Gesteinen von England, wie in verschiedenen Ländern zwischen vulkanischen Ablagerungen der heutigen Zeit, und erfordert einige Aufmerksamkeit, da man sonst irrthümliche Schlüsse über die Verhältnisse ziehen könnte, unter denen die Bestandtheile eines Gesteins ursprünglich abgelagert wurden. So könnte man aus einer porphyrartigen Structur leicht mit Unrecht den Schluss ziehen, dass ein Gestein in einem vollkommen geschmolzenen Zustande gewesen ist.

Wo die Gesteine offenbar vor der Einführung geschmolzener Massen zerrissen wurden, und die letzteren auf diese Weise einen gewöhnlichen Gang bilden, schliesst man natürlich auf einen, für die Bildung der Spalten nothwendigen Festigkeitsgrad, so dass irgend eine Veränderung oder Modification in dem gespaltenen Gestein nach dem Festwerden stattgefunden hat. Fälle dieser Art der Umänderung sind keineswegs ungewöhnlich. Beim Studium derselben muss man sich erinnern, dass hier oft nicht nur die blosse Thätigkeit der Hitze in Wirksamkeit trat, wie es mit dem Thon eines Ziegels oder eines Porzellangeschirrs der Fall ist, sondern dass auch Feuchtigkeit und Lösungen wahrscheinlich auf die gewöhnliche Weise in den Poren und Spalten der so betroffenen Gesteine verbreitet werden, dass dieses oft unter bedeutendem Druck stattfindet, und das Offenlegen der so bewirkten Veränderung von der Zerstörung und Entblössung der Gesteine abhängt, wodurch frühere und oft sehr beträchtliche Bedeckungen derselben entfernt wurden.

Veränderungen und Modificationen hängen in solchen Fällen nothwendig sehr von den betroffenen Substanzen ab, und von der Art und Weise, in welcher ihre Bestandtheile geordnet sind. Die einfachsten Formen einer Modification sind solche, wo sich die Theile einer Substanz, wie z. B. gewöhnlichen Kalksteins krystallinisch geordnet haben: die Theile in Berührung mit dem eruptiven Gesteine sind dann am meisten zunächst dem letzteren modificirt und diese Wirkung nimmt ab, je weiter man sich von ihm entfernt. Ein Beispiel dieser Veränderung findet sich in der Kreide auf der Insel Raghlin. In diesem Falle durchsetzen, wie Fig. 238 zeigt, Gänge von Basalt *aaa* die Kreide in jenem Theile von Irland, welche überhaupt durch Ausbrüche von eruptiven Massen sehr durchbrochen ist, und verwandeln dieses Gestein zwischen sich und in ihrer Nachbarschaft in eine mehr krystallinische Substanz *cc* und dieser Charakter verschwindet allmälig auf jeder Seite *bb*. Die Veränderungen an der Berührung von Gängen eruptiver Gesteine sind nicht auf die bloss krystallinische Anordnung der durchsetzten und benachbarten Schichten beschränkt, indem sehr oft gewisse Mineralien durch die Bewegung ihrer Bestandtheile

Fig. 238.



Digitized by Google

gebildet werden unter Verhältnissen, wo sie sich in Krystalle lagern konnten, indem die umgebende Masse für ihre Formen Raum machte. Diese Mineralien wechseln sehr nach der chemischen Zusammensetzung und physikalischen Structur der betroffenen Ablagerungen und ebenso nach dem Volum wie nach der Art der ergossenen Gesteine.

Eine weit grössere Modification und Veränderung findet natürlich statt, wo die Masse des in frühere Ablagerungen eingedrungenen eruptiven Gesteins beträchtlich ist und wo, wie es oft der Fall ist, dieses Eindringen in einer Tiefe unter der Oberfläche mit Ausschluss der Atmosphäre stattfand, wo das zwischen den Poren oder Spalten des früher gebildeten Gesteins enthaltene Wasser mit darin enthaltenen Lösungen nicht entrinnen konnte; über diesen Wirkungskreis hinaus bleiben dieselben oder andere Gesteine mit der darin verbreiteten Feuchtigkeit ziemlich in demselben Zustande wie vorher. Wie früher bemerkt wurde, so scheinen manche granitische Ergüsse eine bedeutende Veränderung in den benachbarten Ablagerungen hervorgebracht zu haben. In verschiedenen Theilen der Erde sind solche Modificationen von früher gebildeten Gesteinen jeder Art in Berührung mit eingedrungenen und erhobenen granitischen Massen sehr bedeutsam und die veränderten Gesteine können auf ihre gewöhnliche Form von gemeinem Kalkstein, thonigen und sandigen Schiefern, Sandsteinen u. s. w. zurückgeführt werden; viele von diesen Gesteinen führen selbst Versteinerungen und kommen so vor, dass ihr Alter leicht bestimmt werden kann.

Veränderungen und Modificationen dieser Art findet man in den cambrischen und silurischen Gesteinen vor der Ablagerung des alten rothen Sandsteins, in den Theilen von Irland und im südwestlichen England bei Ablagerungen aus einer späteren Zeit, aber vor der Ablagerung der Buntsandsteingruppe. Die veränderten Gesteine sind von verschiedener Zusammensetzung und schliessen verschiedene feuergebildete Massen ein, welche entweder in einem geschmolzenen Zustand aufstiegen, oder als Aschen und Rapillen unter Wasser abgesetzt wurden. An solchen Orten findet sich sehr häufig eine beträchtliche Erhärtung durch Kieselerde und Silicate, und in Schichten von gewöhnlichem Sandstein gehen oft die Körner in das Cement über. Schliesst man von der löslichen Wirkung von Wasser und Dampf bei einer hohen Temperatur auf die in Glashütten gebräuchlichen Silicate, so muss eine Wirkung auf die in thonigen und sandigen Schiefern und Sandstein so gewöhnlichen Silicate, bei der Gegenwart von Wasser in den Gesteinen und Erhitzung desselben zu einer bedeutenden Temperatur unter den oben berührten Verhältnissen statthaben, so dass häufig ein bedeutendes Festwerden in diesen Gesteinen die Folge ist.

Solche Verhältnisse müssen für die Bildung gewisser Substanzen in einem krystallinischen Zustand in einem grösseren Maassstabe günstiger sein, als in dem Fall, wo kleinere Massen von geschmolzenem Ge-

Digitized by Google

stein in Spalten früherer und bereits festgewordener Ablagerungen eingedrungen sind. Bei gewissen eruptiven Gesteinen wird zuweilen das Volumen ihrer Mineralgemengtheile vermehrt, wie z. B. die Krystalle der Hornblende und des Feldspaths sich bei der Berührung mit dem Granit vergrössert haben, als wenn das Volumen von zwei oder mehreren Krystallen von gewöhnlicher Grösse sich in ein einziges vereinigt hätte. Bisweilen werden entweder mit oder ohne Zunahme des Volumens die Hornblende- und Feldspaththeile eines gewöhnlichen Grünsteins so gelagert, dass sie weit glänzender erscheinen, so dass das Gestein zu einem wahren Hornblendegestein wird. Schöne Beispiele dieser Art sieht man in der Grafschaft Wicklow. Auf gleiche Weise sieht man die alten silurischen vulkanischen Aschenschichten desselben Districtes unter ähnlichen Verhältnissen mit dem glänzenden Ansehen von Hornblendeschiefern. Das Hornblendegestein und der Hornblendeschiefer des Lizarddistrictes in Cornwall scheint ebenfalls nichts weiter als gewöhnlicher Grünstein und die vulkanische Asche der devonischen Formationsreihe zu sein, welche entweder durch die Wirkung einer grossen Masse von Serpentin, die über sie geflossen oder auf ihnen liegen blieb, oder durch Granit darunter modificirt wurden. Erwägt man die geringen chemischen Unterschiede zwischen Hornblende, Augit und Hyperathen, so lassen sich leicht unter den erwähnten Umständen Veränderungen in dem Aussehen der Gesteine erwarten, in welchen sie vorkommen. Der Hypersthenfels einiger Orte, wie z. B. von Cocks Tor bei Tavistock in Devonshire scheint hierher zu gehören. Es finden sich auch noch bisweilen andere Modificationen, als wenn die die Gesteine bildenden Substanzen ursprünglich mannigfaltiger gewesen, oder andere von aussen eingetreten wären.

An einigen Orten, wie z. B. in den Grafschaften von Wicklow und Wexford in Irland, ist die Art, wie Andalusit sich in Gesteinen entwickelt und andere Theile des Gesteins verdrängt hat, wobei die alte Schichtung beibehalten wurde, höchst interessant. Nahe bei dem eingedrungenen Granit finden sich die Krystalle dieses Minerals zuweilen von bedeutender Grösse, und während sie gleichsam die anderen im Wege stehenden Substanzen verdrängt haben, so zeigen sie zuweilen mitfortgerissene Theile dieser Mineralien, wie z. B. Glimmer. Dieses Mineral, welches unter ähnlichen Verhältnissen nicht ungewöhnlich ist, ist gerade eines von denen, deren Bildung sich erwarten liesse, indem es wesentlich ein Thonerdesilicat ist, eine Verbindung, die einen hervorragenden Theil der Ablagerungen bildet, in welchen diese Andalusite vorkommen. Auch der Chiastolith ist eine Form, in welcher das Thonerdesilicat in veränderten Gesteinen esrcheint, und er findet sich nicht selten in den älteren sedimentären Ablagerungen, die in Berührung mit Granit in Devonshire und Cornwall vorkommen. Auch der Staurolith ist gleichfalls ein gewöhnliches Mineral in mechanisch gebildeten Abla-

Digitized by Google

gerungen, wo Granite oder andere eruptive Gesteine im geschmolzenen Zustande auf sie einwirkten, und auch dieses besteht wesentlich aus Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd und einer kleinen Menge Magnesia. Ferner findet sich in veränderten Gesteinen Cyanit, eine andere Form des Thonerdesilicats. Ebenso Granaten. Blickt man auf die chemische Zusammensetzung dieser Mineralien, so sieht man bei gehöriger Berücksichtigung der isomorphen Substanzen, dass ihre Bestandtheile sich leicht aus Gesteinen verschiedener Art sammeln können, wenn dieselben in einen beweglichen Zustand gekommen sind. Während in manchen Granaten Eisenoxyd einen Hauptbestandtheil ausmacht, wird es in anderen durch Thonerde ersetzt; in den meisten Granaten ist die Kalkerde eine wichtige Substanz und wird in anderen durch Eisenoxydul vertreten. In verschiedenen veränderten Gesteinen, in welchen sich Granaten gebildet haben, kann man das Vordringen von anderen Theilen der damit vorkommenden Mineralmassen bei ihrer Krystallisation sehr bequem studiren. Unter den Arten ihres Vorkommens sind die, wo sie sich in Sandsteinen entwickelt haben, wie z. B. bei Killan in der Grafschaft Wexford, sehr interessant. Hier sind die Sandkörner auseinander gedrängt worden, um Raum für die Bildung der Granatkrystalle zu lassen.

Die Uebertragung von Mineralstoffen aus der feurigen und erhitzten Masse in benachbarte Gesteine zeigt sich, wo Boraxsäure in den ersteren zugegen ist. Dies scheint bei einem grossen Theil des Granits von Devonshire und Cornwall der Fall gewesen zu sein; wo Turmalin nicht nur in der Masse des Granits an vielen Orten verbreitet ist, sondern sich auch vielfach in den äusseren Theilen dieses Gesteins findet. Die Bestandtheile des Schörl (hauptsächlich Kieselerde, Boraxsäure und Thonerde) sind in die früher vorhandenen und mechanisch gebildeten Gesteine an vielen Orten übergegangen, wie in Fatwork Hill und Castle an Dinas bei St. Colomb in Cornwall. Die Boraxsäure könnte aus der Granitmasse vertrieben worden sein, und indem sie den anderen wesentlichen Bestandtheilen des Turmalins begegnete, das letztere Mineral in den so betroffenen mechanisch gebildeten Gesteinen hervorgebracht haben.

Was den Glimmer angeht, so erscheinen seine Bestandtheile oft so, als wenn sie von eruptiven Gesteinen in viele von den sedimentären Ablagerungen eingeführt worden wären, welche sie durchbrochen haben, und ebenso scheint bei manchen mechanisch gebildeten Gesteinen, wie sandige Ablagerungen, welche Glimmer enthalten, die glimmerige Masse bloss so verändert worden zu sein, dass sich besser entwickelte Blättchen dieses Minerals bildeten, indem seine Bestandtheile sich auf eine Weise lagerten, dass sie mehr einer ursprünglichen Bildung des Glimmers gleichen. Auf ähnliche Weise scheint auch gewöhnlicher Feldspath gebildet worden zu sein, so dass eine ursprüng-

Digitized by Google

liche Ablagerung, in welcher sich Körner von Quarz, Feldspath und Glimmer anhäuften (Detritus eines früher vorhandenen granitischen Gesteins), die mit einer Parallelstructur versehene Verbindung bildete, die als Gneuss bekannt ist, während Quarzkörner und Glimmer den Glimmerschiefer ausmachen*). Berücksichtigt man die ursprüngliche Zusammensetzung der Gesteine, auf welche die Wirkung stattgefunden hat, nebst den Bedingungen, unter welchen Mineralstoffe austreten und sich zwischen den Theilen feuergebildeter Gesteine, die langsam während eines langen Zeitraums abkühlen, oder in den Poren und Spalten früher vorhandener Gesteine bewegen können, so lassen sich sehr zahlreiche Verbindungen denken, welche grosse Modificationen und Veränderungen in der ursprünglichen Zusammensetzung der Ablagerungen hervorbringen.

Mögen solche Modificationen und Veränderungen durch die Senkung von Ablagerungen in eine Tiefe unter der Erdoberfläche hineingebracht worden sein, wo eine hohe Temperatur die erwähnten Wirkungen hervorgebracht hat, oder durch eine ähnliche Thätigkeit in Folge der Nachbarschaft grosser Massen erhobener oder in einem Zustande feurigen Flusses eingedrungener Gesteine, oder mag das Festwerden chemisch auf einem anderen, die grossen Massen betreffenden Wege bewirkt worden sein, so lässt sich erwarten, dass die so betroffenen Massen bisweilen eine bestimmte Lagerung ihrer Theile im Grossen besitzen. Mag die letztere, die als Spaltbarkeit und Zerklüftung bezeichnet wurde, während ihres ersten Festwerdens stattgefunden haben, oder von einer Thätigkeit im grossen Maassstabe nach ihrem Festwerden herrühren, oder bisweilen unter beiden Verhältnissen durch einen von dem Festwerden unabhängigen Einfluss hervorgerufen worden sein, so erfordert dieser Gegenstand eine ausgedehnte Beobachtung und eine grössere Menge von Thatsachen, als uns jetzt zu Gebote steht.

---

*) Wenn man die verschiedenen Modificationen betrachtet, welche Ablagerungen durch die Berührung grosser Massen eruptiver Gesteine in einem geschmolzenen Zustande erfahren können, oder durch eine Senkung nach dem Innern der Erde, so dass ähnliche Verhältnisse entstehen, so ist es eine interessante Betrachtung, welches Aussehen viele von ihnen in Folge davon darbieten würden. Wenn z. B. die dicken Schichten von Kohlensandstein (*millstone grit*), die den unteren Theil der Steinkohlenformation bilden (wie dieser Sandstein in den mittleren und nördlichen Grafschaften von England vorkommt, wo er aus Quarz, Glimmer und gewöhnlich zersetztem Feldspath besteht), den oben erwähnten Verhältnissen ausgesetzt würden, so würde das Gemenge ein granitisches Aussehen erhalten, besonders wenn die Silicate von Kali oder Natron, oder was von diesen hinzukäme, wieder mit den Resten des früheren Feldspaths vereinigt würden. Dieses Gestein hat selbst jetzt bisweilen das Aussehen von etwas zersetztem Granit, was überhaupt bei vielen Sandsteinen der Steinkohlenformation von England der Fall ist.

Digitized by Google

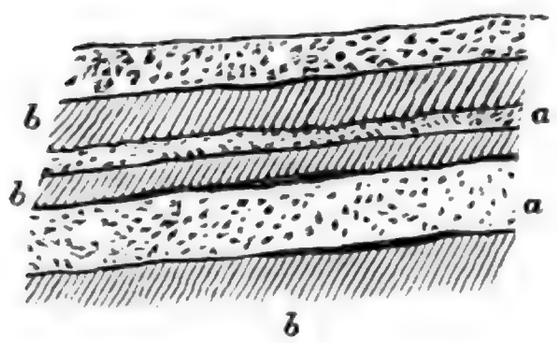
Wenn ein Beobachter, wie in den Schieferbrüchen des nördlichen Wales, eine Mineralmasse vor sich hat, die einst eine Thon- oder Schlammschicht gewesen und jetzt nicht nur fest, sondern auch höchst spaltbar geworden ist, und zwar in Ebenen, die nicht der Ebene ihrer ursprünglichen Ablagerung entsprechen, und solche Ebenen einen Theil von gewissen anderen ausmachen, die die Gesteine eines Districtes im Allgemeinen durchsetzen, so wird er wahrscheinlich mit Sedgwick und anderen Geologen zum Schlusse kommen, dass die fein vertheilte und doch mechanisch abgelagerte Masse durch eine Kraft vereinigt ist, welche der ähnlich ist, die die Krystallmolekule irgend einer gegebenen Verbindung von Substanzen vereinigt. Da die Spaltbarkeit krystallinischer Mineralsubstanzen in Ebenen Körper von bestimmten Formen liefert, die nicht gerade der äusseren Form entsprechen, und solche Mineralien aus Substanzen bestehen, von denen einige für das Mineral wesentlich sind, und mehrere bloss zufällig während der Lagerung der letzteren mit fortgerissen zu sein scheinen, so könnte dies den Geologen bestimmen, den Gegenstand von diesem Gesichtspunkte aus zu betrachten. Der wohlbekannte sogenannte krystallisirte Sandstein von Fontainebleau, in dem mechanisch gebildete Quarzkörner durch kohlensauren Kalk verbunden sind, und das Ganze das äussere Ansehen von Kalkspath annimmt, zeigt ihm, wie unter passenden Verhältnissen der krystallisirten Substanz fremdartige Stoffe mechanisch von ihr eingehüllt werden können.

Beim Studium von Districten, wo die Schieferung von Gesteinen vorkommt, findet der Geologe gewöhnlich einen beträchtlichen Grad von Gleichförmigkeit in der Richtung der Schieferungsebenen, in ganz verschiedenen Gesteinen und über bedeutende Flächenräume. In manchen Massen oder Schichten, wo dies stattgefunden hat, scheint die Wirkung leichter hervorgebracht worden zu sein, als in anderen, und man sieht zuweilen, dass während bei zusammen vorkommenden groben und feinkörnigen Schichten die letzteren schön gespalten, dagegen die ersteren gar nicht afficirt sind, als wenn auf die feinen Theilchen der einen eine Wirkung hätte stattfinden können, während die gröberen Theile einer neuen Lagerung besser widerstanden. Dieser Schluss verlangt indessen grosse Vorsicht, da zwar die groben Schichten auf den ersten Anblick durch die Lagerung der Theile, wodurch Spaltbarkeit hervorgebracht wurde, nicht afficirt scheinen mögen, aber doch beim Zerschlagen Theilungsflächen in der Richtung der in den feinkörnigen Schichten vorkommenden darbieten, obgleich nicht in solcher Häufigkeit wie in den letzteren. So kann in dem folgenden Durchschnitt (Fig. 239), welcher Sandsteinschichten *aaa* darstellt, die mit thonigen Schichten *bbb* abwechseln, in den letzteren die Spaltbarkeit wohl entwickelt und leicht sichtbar sein, während man sie in den ersteren bloss beim Bruch der Gesteine oder bei ihrer Zersetzung durch

Digitized by Google

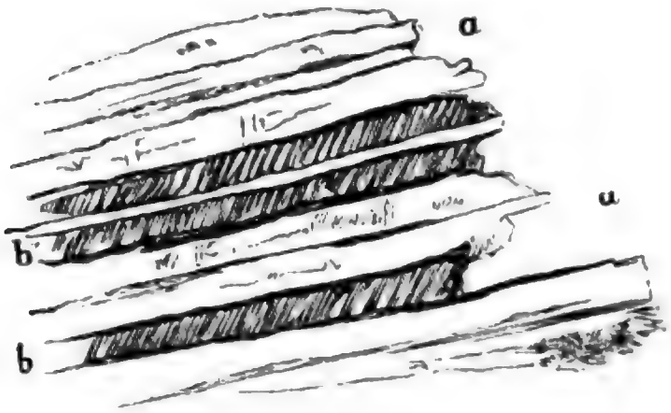
atmosphärische Einflüsse findet. Doch kommt dies keineswegs immer vor, indem die Bedingungen, unter welchen die feinkörnigen Schichten gespalten werden, nicht auf die anderen Schichten wirkten.

Fig. 239.



In gewissen Districten des Kohlenkalks in Irland, wo Schieferthone mit den Kalksteinschichten vorkommen, ist die Schieferung der ersteren deutlich, während die letzteren entweder gar nicht durch sie afficirt werden, oder nur bis zu einem sehr geringen Grade. Der folgende Durchschnitt (Fig. 240) in Clonea Castle in der Grafschaft Waterford wird dies erläutern. *a a a* sind Kalksteinschichten, welche keine Schieferung zeigen, während dies bei den mit ihnen vergesellschafteten mehr oder weniger kalkigen Schieferthonen der Fall ist. An demselben Orte sieht man, dass wo die Kalksteinschichten etwas thonig werden, und zum Theil die Merkmale der Schieferthone, zum Theil der reinen Kalksteine haben, sie Anzeigen von Spaltbarkeit besitzen, als wenn die Molekule weniger Zusammenhang gehabt und leichter diesem Einfluss nachgegeben hätten.

Fig. 240.

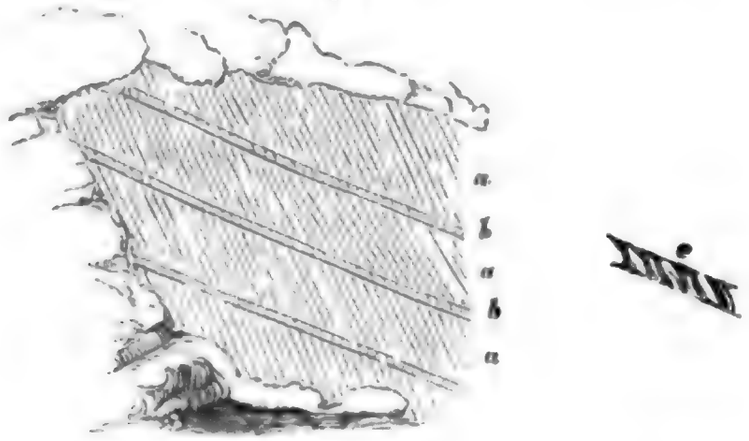


Die folgende Skizze, Fig. 242 a. f. S., dient zur Erläuterung des Durchgangs der transversalen Schieferung durch ungleiche Substanzen oder solche, deren Cohäsion in der Zeit, wo die Ursache der Schieferung stattfand, merklich verschieden war. Sie stellt einen Theil der devonischen Formationsreihe östlich von Hillsborough, bei Ilfracombe in Nord-Devonshire dar. *b b b* sind dünne Schichten von Kalkstein, ungefähr zwei oder drei Zoll dick, *a a a* Thonschiefer, die eine transversale Schieferung haben. Die wahren Schichtungsebenen zeigen sich durch die der eingelagerten Kalksteinschichten. Die Schieferungsebenen durchsetzen das Ganze mit einer Neigung nach Süden, sind an den Kalksteinschichten etwas unterbrochen und haben daselbst eine etwas verschiedene Richtung; und obgleich der Kalkstein im Allgemeinen in derselben Richtung getheilt ist, so geschieht dies doch nicht so geradlinig,

Digitized by Google

wie der kohlensaure Kalk zeigt, der später in die so gebildeten Spalten infiltrirt und abgelagert wurde. Die etwas gebogene Art der

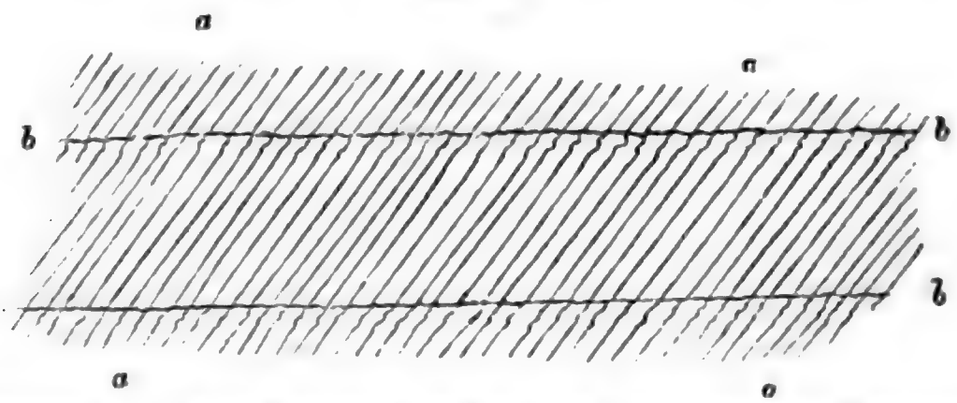
Fig. 241.



Schieferung in dem Kalkstein sieht man bei *c*. In Fällen, wie dieser, ist der Kalkstein wohl schon so fest gewesen, dass er einen gewissen Grad der Zerreissung erleiden konnte, während der Schlamm oder Thon, die jetzt sowohl fest geworden, wie geschiefert sind, so dass sie in der Richtung der Schieferung harte Schiefer bilden, in allen ihren Bestandtheilen mehr oder weniger in bestimmten Richtungen durch die die transversale Schieferung hervorrufende Thätigkeit von Neuem geordnet wurden.

Bisweilen kann man eine Unterbrechung selbst zwischen den thonigen Schichten verfolgen, wenn diese in einer Weise auf einander gehäuft sind, dass eine Pause in der Ablagerung stattfand, so dass eine reine Oberfläche vor der Bildung einer Schicht und der Ablagerung einer anderen gebildet war. Der folgende Durchschnitt, Fig. 242, bei

Fig. 242.



Wiveliscombe in West-Somerset, zeigt, dass während die Schieferungsebenen eine allgemeine Richtung, *a a* haben, dieselben leicht gebogen und wellenförmig sind, wo sich die Trennungsflächen der Schichten, *b b* finden. Ob zur Zeit als die transversale Schieferung sich bildete, die blosse Unterbrechung in dem Zusammenhang der Thonmasse hinreichte, diese Wirkung hervorzubringen, oder ob in dem Wasser andere Substanzen in Lösung waren, die die Zwischenräume zwischen den Schichten einnah-

Digitized by Google

men, und dadurch diese Erscheinung hervorgebracht wurde, ist ein Gegenstand für weitere Untersuchung.

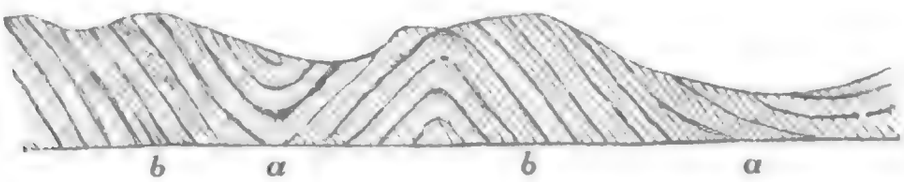
Diese Unterbrechungen und Modificationen der transversalen Schieferung sind zwar wichtig für das Studium ihrer Ursache und Wirkungsweise und sind keineswegs immer bemerkbar, aber sie verlieren sich, wenn man dieselben durch beträchtliche Gesteinmassen verfolgt und im Grossen betrachtet. Wir finden wie die transversale Schieferung in einem grossen Theile des nördlichen Wales, alle Arten von Gesteinen in gegebenen Richtungen und über weite Flächenräume trotz der verschiedenen Lagen der Schichten durchsetzt, wie Sedgwick schon vor langer Zeit (1835) gezeigt hat*). Man kann sie in der That bisweilen leicht durch dieselben verfolgen, wenn sie in allen Richtungen sowohl horizontal wie vertical gekrümmt sind. Da die transversale Schieferung dergestalt gekrümmte Gesteine durchschneidet, so ist es offenbar oft der Fall, dass sie durch ihre Richtungsebenen in verschiedenen Winkeln durchgeht Dies ist in der That häufiger der Fall, als es ohne sehr sorgfältige Untersuchung auf den ersten Blick erscheint; indessen kommt es auch vor, dass in gewissen Districten die allgemeine Richtung der wahren Schichtung oder der Ablagerungsebenen mit der der transversalen Schieferung in horizontaler Ausdehnung übereinkommt, welche Verschiedenheit auch die Neigung der Schieferung für sich selbst oder in Bezug auf die wahre Schichtung der Gesteine darbietet. Was eine Masse von Gesteinen angeht, die sowohl aus sedimentären wie eruptiven und aus Kalksteinen bestehen, und welche durch eine Schieferung durchsetzt sind, welche transversal auf die Schichtungsebenen ist, so bietet die Gebirgsgruppe des *Chair of Kildare* in Irland ein schönes Beispiel dar. Die Richtung der transversalen Schieferung stimmt gewöhnlich mit der der benachbarten Districte in den Grafschaften Wicklow und Wexford überein; während die Schichten eine Richtung diagonal durch die Schieferung haben. In diesen Gebirgen finden sich höchst krystallinische Porphyre von der Schieferung durch-

*) Die ganze Gegend, sagt Sedgwick in Bezug auf das Land bei Rhaiadr bis zu den Schluchten des Eolan und Towy, besteht aus gebogenen Schichten, und es herrscht nicht der geringste Zweifel über die wahre Schichtung. Viele Theile haben eine grob mechanische Structur, aber untergeordnet finden sich feine krystallinische Chloritschiefer. Sowohl die gröberen Schichten wie die feineren, die gekrümmten wie die geraden, sind sämmtlich einer Veränderung unterworfen gewesen. Krystallisationskräfte haben eine neue Lagerung in ganzen Gebirgsmassen und eine schöne krystallinische Schieferung hervorgerufen, welche gleichförmig durch alle Schichten geht. Und durch diese ganze Gegend gehen die Schieferungsebenen ohne Abweichung durch, welches auch die Biegung der Gesteine ist, laufen in parallelen Linien von einem Ende zum anderen, und sind in einem bedeutenden Winkel nur wenige Grade westlich vom magnetischen Nordpole geneigt.

Digitized by Google

schnitten, ebenso wie die thonigen und sandigen Schichten der silurischen Reihe, aus denen sie hauptsächlich bestehen. Zur Erläuterung des Wechsels in der Neigung der Schieferung und der wahren Schichten, wenn man sie auf die Richtung ihres Fallens betrachtet, dient der folgende Durchschnitt, Fig. 243, eines Theils der devonischen Forma-

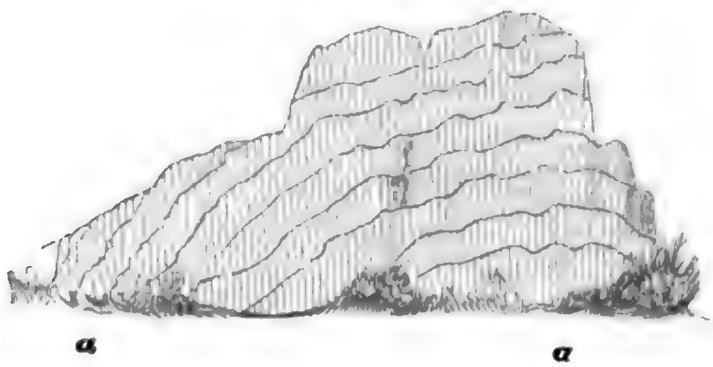
Fig. 243.



tionsreihe an der Küste zwischen Morte und Bull Point, bei Ilfracombe, da daselbst die wahren Schichten, welche hauptsächlich aus Thonschiefern bestehen, so in einer beständigen Richtung gespalten sind, dass, während die Ebenen der transversalen Schieferung *a a* bisweilen die Schichtung in einem rechten Winkel durchschneiden, sie in anderen Fällen damit übereinstimmen, wie bei *b*, *b*.

Unter den gekrümmten und geschieferten Gesteinen finden sich mitunter einige, aus denen hervorgeht, dass die Schieferung nach ihrem Festwerden zu einem harten Sandstein oder selbst Quarzfels stattgefunden hat. Die folgende Skizze, Fig. 244, der Schieferung von harten

Fig. 244.



Sandstein- und Schieferschichten, einem Theil der cambrischen Formationsreihe bei Bwlchhela, gegenüber den Schieferbrüchen von Penrhyn in Nord-Wales dient zur Erläuterung dieses Gegenstandes; *a a* sind die Linien der Schieferungsebenen, die die gebogenen Schichten durchsetzen. Transversale Schieferung dieser Art sieht man noch in viel grösserem Maassstabe an dem Holyhead-Berg, auf der Insel Anglesea, im Quarzit, der auf diese Weise quer auf die Schichtung spaltbar ist, wie aus dem folgenden Durchschnitt, Fig 245, hervorgeht, den man an der Klippe gegenüber dem South Stack Leuchtthurm sieht; die fast verticalen Linien *a*, *a*, *a* stellen die Richtung der Schieferung dar, welche etwas in dem Grad ihres Einfallens wechseln; die gebogenen Schichten bestehen aus Sandstein und Schiefer, und der erstere ist grösstentheils in Quarzfels umgewandelt.

Digitized by Google

Bisweilen findet man eine doppelte transversale Schieferung, wobei eine Reihe von Ebenen die andere durchschneidet, wie in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 246, wo zwei Reihen *a a* und *b b* die

Fig. 245.

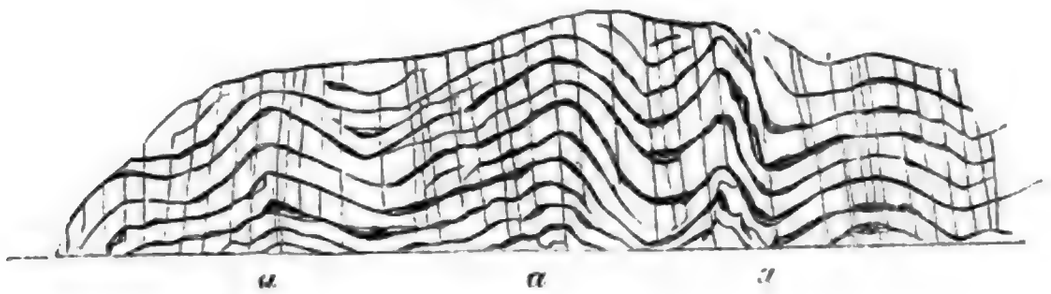
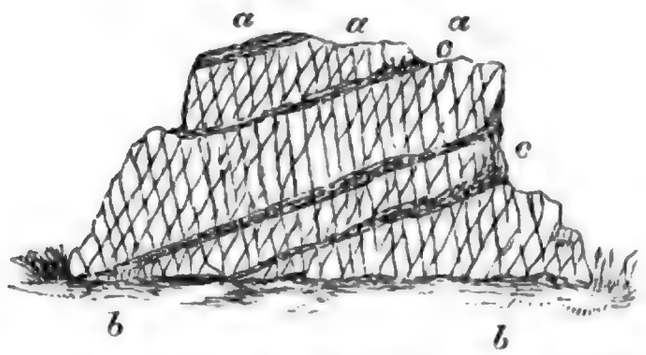


Fig. 246.



Schichten *c c* und einander durchsetzen, und das Gestein in längliche Prismen zertheilen. Derselben Thätigkeit können wir vielleicht jene ziemlich regelmässig gebildeten Körper zuschreiben, in welche sandige Schichten bisweilen in Ländern getheilt sind, wo die transversale Schieferung stattgefunden hat. In solchen Fällen schneiden die Schieferungsebenen die Ebene der Ablagerung oder wahren Schichtung entweder in einem rechten oder doch beträchtlichen Winkel, so dass Formen der folgenden Art, Fig. 247, entstehen. Die Gesteinstücke wechseln sehr beträchtlich in Grösse und sind mitunter bloss viermal grösser als das dargestellte, obgleich sie meistens eine bedeutendere Grösse haben.

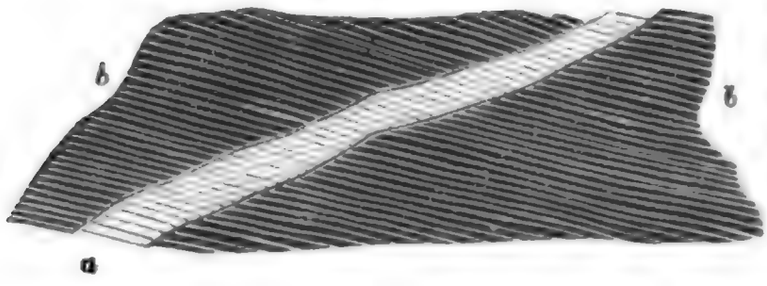
Fig. 247.

Auch in Bezug auf die Zeit, wann die transversale Schieferung stattfand, lassen sich oft Anhaltspunkte erlangen. So scheint in Irland, wo die jüngere Grauwacke (*old red*) in den Grafschaften Waterford, Kerry und Cork treffliche Beispiele von transversaler Schieferung darbietet, dieselbe wahrscheinlich nach der der silurischen Gesteine von Wicklow, Wexford und Waterford stattgefunden zu haben, da sich in dem Conglomerate des Old red von Waterford silurische Schiefer finden, die offenbar in bereits geschiefertem Zustand von den unterliegenden erhobenen und gekrümmten Gesteinen herrühren, auf welchen dieses Conglomerat abgelagert wurde. Ebenso kann man schliessen, dass die transversale Schieferung der Schieferthone des Berg- oder Kohlenkalkes in einigen

Digitized by Google

Theilen von Irland nach der der oben erwähnten silurischen Gesteine stattgefunden hat. In dem folgenden Durchschnitt, Fig. 248, welcher Gänge eines Porphyrs *a*, *a* darstellt, der devonische Schiefer *b*, *b* zwischen Cawsand und Redding Point, am Plymouth Sund durchsetzt, und die Schiefer und das eruptive Gestein dieselbe Schieferung besitzen, hat die letztere nach dem Eindringen des Porphyrs stattgefunden. Beim Studium der Art des Vorkommens der Gesteine dieses Districtes wird man finden, wie früher bemerkt wurde, dass Porphyre dieser Art in dieselbe Zeit gehören können, wie die Elvangänge in Cornwall und Devonshire.

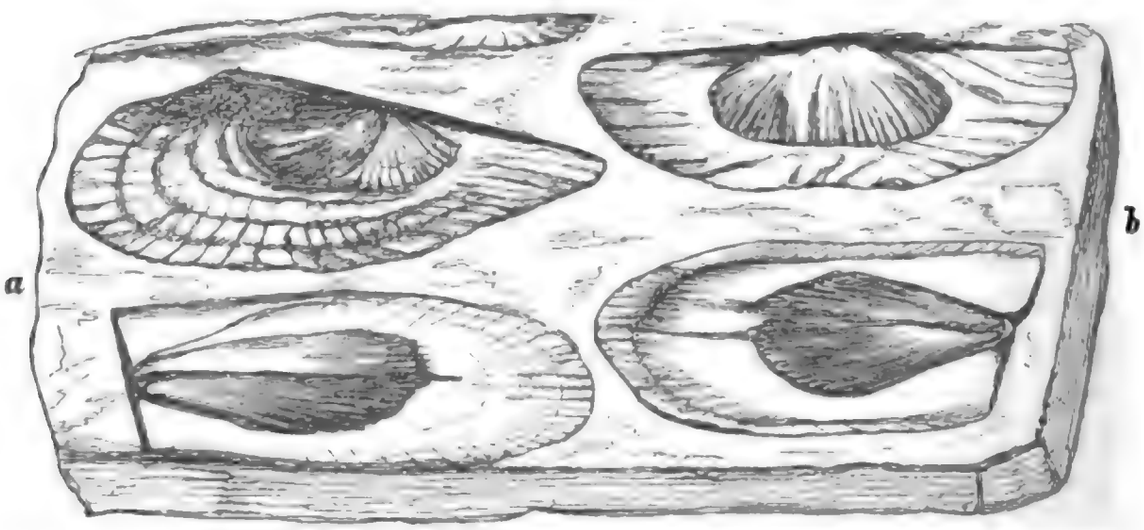
Fig. 248.



Bei der Untersuchung der Conglomerate, welche gewöhnlich den unteren Theil der Buntsandsteingruppe von Devonshire bilden, entdeckt man Brocken von älteren Gesteinen, die in einer solchen Richtung spaltbar sind, dass man den Schluss machen kann, dass die Schieferung der älteren devonischen Gesteine vor der Ablagerung des Buntsandsteins und nach dem Eindringen des Granits stattgefunden hat.

Verfolgt man die Modificationen und Structuren der von der transversalen Schieferung durchsetzten Gesteine, so sieht man in vielen Districten, dass eine Bewegung und eine neue Lagerung der Theile in Richtungen stattgefunden haben, die den Schieferungsebenen entsprechen. Es haben oft Verlängerungen in diesen Richtungen stattgefunden, so dass organische Reste in diesen Schichten entstellt und gleichsam verzogen erscheinen, wie in der folgenden Skizze, Fig. 249, wo

Fig. 249.



viele Schalen der *Strophomena expansa* diese Verlängerung in der Richtung der Schieferungsebenen *a*, *b* erlitten haben; sie finden sich bei Cwm Idwal in Caernarvonshire. Die wirkliche Gestalt dieser Schaale

Digitized by Google

ist die folgende, Fig. 250. Bisweilen kann eine Versteinerung, wie z. B. ein Trilobit, auf beiden Seiten herabgebogen sein, wie in der folgenden Fig. 251, wo sich die Ränder einer *Calymene Blumenbachii*, *a*,

Fig. 250.

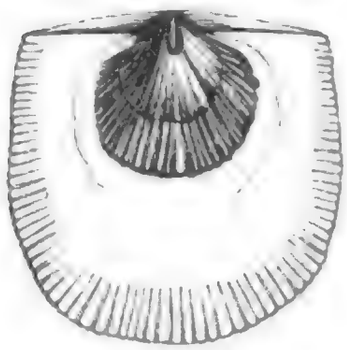
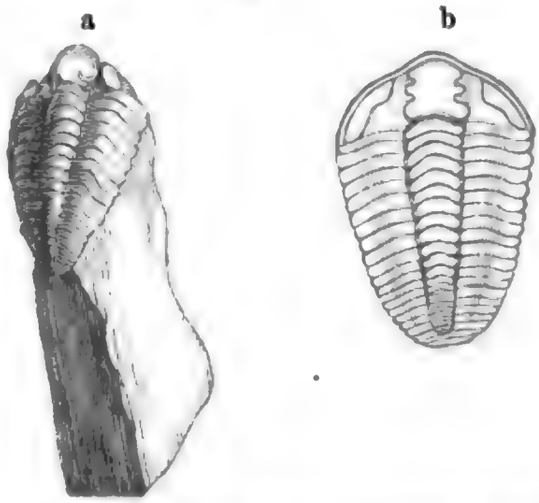


Fig. 251.



durch die Wirkung der transversalen Schieferung umgebogen finden. Die natürliche Gestalt des Trilobiten sieht man bei *b*. Einige Geologen glauben, dass diese Richtung einer Versteinerung nach den Schieferungsebenen durch eine rein mechanische Bewegung bewirkt wurde, indem sie die Schieferung einem Druck der Gesteinsbestandtheile zuschreiben, wie z. B. Sharpe*). Wie Were Robert Fox und Hunt zeigten, kann aber auch auch eine blättrige Structur im Thon durch einen elektrischen Strom hervorgebracht werden. Fox fand, dass die Blätterdurchgänge sich in einem rechten Winkel auf die Richtung der elektrischen Kraft bildeten, und glaubt, dass die vorherrschenden Richtungen der elektrischen Kräfte die Richtung der transversalen Schieferung bestimmten, und dass die mehr oder weniger heterogene Natur des Gesteins die Ausdehnung ihres Einflusses modificirte. Man darf nicht vergessen, dass grosse Gesteinsmassen oft ausgedehnte Schichten von ungleicher oder in verschiedenem Aggregationszustande befindlicher Materie, durch Salzsolutionen befeuchtet, sind, und zwar besonders häufig durch Kochsalz. Ebenso ist zu beachten, dass diese Schichten, wie Rogers gezeigt hat**), unter gewissen Verhältnissen verschieden erhitzt werden können, indem ein Theil bis zu Tiefen unter die Erdoberfläche hinabgeht, wo eine hohe Temperatur auf solche Theile der Gesteine und die Lösungen in ihnen so wirken kann, dass Thermoelektricität auf die Anordnung der Bestandtheile influencirt. Von diesem Gesichtspunkte betrachtet, waren die am leichtesten beweglichen Theile, unter übrigens gleichen Umständen, wie z. B. Thon oder lockere Schlammablagerungen, diejenigen, auf welche die grösste Wirkung stattfand und es begreift sich leicht, wie die Theile von leich-

*) *Geological Journal. Vol. II. p.* 74. *Vol. V. p.* 111.
**) *Athenaeum, Proceedings of British Association. Birmingham*, 1849.

Digitized by Google

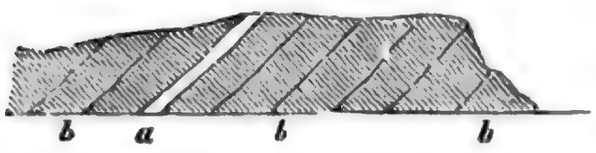
ten organischen Körpern, ebenso wie die Theile der Masse, in der sie enthalten waren, demselben Einfluss nachgaben, so dass bei der endlichen Lagerung aller Bestandtheile eines von transversaler Schieferung betroffenen Gesteins dieselben so gefunden werden, dass sie eine verlängerte Gestalt darbieten.

Bisweilen findet man die transversale Schieferung nur an einer isolirten Stelle in einem gegebenen Flächenraum und ebenso einen Theil eines allgemein davon betroffenen Districtes gar nicht afficirt. Beobachtungen über diese Unterschiede, sowie überhaupt weitere Beobachtungen über die transversale Schieferung im Allgemeinen sind sehr wünschenswerth. Welche Ansicht man auch über ihre Ursache haben mag, so sind weitere Untersuchungen über die Richtung der Schieferung an anderen und verschieden gelegenen Orten nöthig, ferner über die Zusammensetzung und Art des Vorkommens der durchsetzten Gesteine, über die Veränderungen in den Neigungsrichtungen sowie in dem Streichen derselben. In gewissen Districten, wo verschiedene Richtungen der Schieferung ziemlich mit dem Streichen der Gesteine selbst übereinkommen, und diese von verschiedenem geologischen Alter sind, wie z. B. im nordöstlichen Theile von Nord-Wales, wo gewisse obersilurische Ablagerungen auf Gesteinen der unteren silurischen Reihe ruhen und mit anderen der darunter liegenden cambrischen Reihe aufgerichtet sind, ist es nöthig zu untersuchen, wie weit eine Richtung der Schieferung auf die Gesteine mit demselben Streichen beschränkt ist und sich nicht in den anderen findet. In dem angeführten Falle unterscheidet sich die transversale Schieferung der älteren Gesteine (cambrische und untersilurische) beträchtlich von der in den obersilurischen. Hält man dies mit dem Umstand zusammen, dass in demselben Lande, Nord-Wales, die erstere Gesteinsreihe aufgerichtet und gebogen ist, selbst in solchen Theilen, die wahrscheinlich festes Land waren (viele Gesteine wenigstens waren so fest, dass sie zertrümmert werden und Materialien für Strandbildungen abgeben konnten, und es kommt Gangquarz vor, der auf die Ausfüllung von Rissen und Spalten hindeutet), so sucht man wohl nach den Beweisen, dass die transversale Schieferung in den älteren Gesteinen nicht nur vor der in den jüngeren statthatte, sondern dass diese Thätigkeit auch mit den verschiedenen geologischen Zeiten zusammentraf, während deren das Festwerden von beiden stattgefunden hat. In einigen Districten erfordert es keine geringe Sorgfalt von Seiten des Geognosten sich zu vergewissern, ob die Schieferung eines Gesteins die Folge von ursprünglicher Ablagerung oder von transversaler Schieferung ist. Diese Schwierigkeit wird auch bisweilen durch eine solche Anordnung der Theile vermehrt, die offenbar während der Thätigkeit, die die transversale Schieferung bewirkte, hervorgebracht wurde, nämlich dass das Material des Gesteins sich unter etwas verschiedenen Formen in den Schieferungsebenen zusammenzieht und eine abweichende Art von

Digitized by Google

Schieferung von einer sehr täuschenden Beschaffenheit hervorbringt. Beispiele hiervon sieht man in Wales und im südlichen Irland. Wo solche Schwierigkeiten vorkommen, muss der Beobachter sorgfältig nach Streifen von organischen Resten suchen, welche ihm gewöhnlich die wahren Schichtungsebenen in Gesteinen mit transversaler Schieferung deutlich zeigen. Auch muss man nach Sandstein, Kalkstein oder anderen Gesteinen, die die Schichtung ergeben, suchen, um Fehler in der Bestimmung des Streichens und Fallens der wahren Schichten zu vermeiden. In einem Durchschnitt wie der folgende, Fig. 252, kann eine Schicht dieser Art wie bei *a* die wahre Schichtung zeigen, die vielleicht sonst sehr undeutlich ist, indem die Schieferung *b* sehr vorwaltet und den täuschenden Anblick einer Schieferung parallel der Ablagerung in einer anderen Richtung gewährt.

Fig. 252.



Unabhängig von der Eigenschaft der Spaltbarkeit der Gesteine findet sich eine andere Absonderungsweise derselben, die man mit dem Namen der Zerklüftung belegt. Dieselbe kommt sehr häufig in sedimentären und eruptiven Gesteinen vor, und zwar weit häufiger als die Schieferung und in Districten, in welchen die letztere sich findet wie in anderen. Man sieht die Klüfte ebenso häufig in Gesteinen, welche ausgeworfen oder in feurigem Fluss emporgestiegen sind, wie in den sedimentären oder aus einer Auflösung abgelagerten. Sie durchsetzen die gröbsten Conglomerate wie die Ablagerungen des feinsten Sedimentes, das früher vielleicht Thon oder Schlamm gewesen ist. Die Unterscheidung zwischen grober Schieferung und dicht an einander liegenden Klüften kann bisweilen sehr schwierig sein, wie z. B. in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 253, der einen von Ebenen durchsetzten

Fig. 253.

Porphyr darstellt, die ihn in Platten von mässiger Dicke in einer bestimmten Richtung theilen, auf der Spitze des Berges südlich von Clynog Vawr in Caernarvonshire. Im Ganzen durchsetzen indessen die Klüfte dergestalt alle Arten von Gesteinen und schneiden durch so verschiedene Körper, solche, wie sie z. B. oft in einem groben Conglomerate sich finden und in solchen bestimmten und vollkommenen

Digitized by Google

Ebenen, dass, so mächtig auch die transversale Schieferung gewesen ist, die Thätigkeit, welche die Klüfte hervorbrachte, bisweilen noch leichter die Mineralmassen theilen konnte, welche unter ihren Einfluss kamen.

Häufig sind es die Klüfte, durch welche viele Gesteine in kleinere Massen geschieden werden, welche das Gewinnen derselben möglich machen. Obgleich man sie durch diesen Umstand schon lange kennt, so haben sie doch erst innerhalb der letzten Zeit geologisches Interesse gewonnen. Am frühesten fand man, dass die Klüfte des Granits bestimmte oder beinahe bestimmte Richtungen auf beträchtliche Entfernungen in gegebenen Flächenräumen hatten *).

Die Kluftflächen in diesen Gesteinen bieten nicht nur für sich vieles Interesse dar, da sie die Masse des Gesteins theilen, so dass bei Manchen, die grosse Feldspathkrystalle enthalten, wie in dem südwestlichen England und anderen Districten, die Stücke der getheilten Krystalle sich genau auf jeder Kluftwand gegenüberstehen, sondern auch, weil sie mit einer Art von Schieferung zusammentreffen, die gewöhnlich parallel mit den Kluftspalten verläuft, so dass die Steinmetzen sie benutzen, um kleinere Theile des Granits abzutrennen. Obgleich die Klüfte hinreichend deutlich sind, so sind diese Flächen, die man mit dem Namen Grain bezeichnet, nicht so wahrnehmbar, obwohl die Steinmetzen, die nach Erfahrung in gewissen Richtungen und Ebenen arbeiten, leicht die gewünschten Wirkungen hervorbringen, indem sie Löcher bohren und Keile eintreiben.

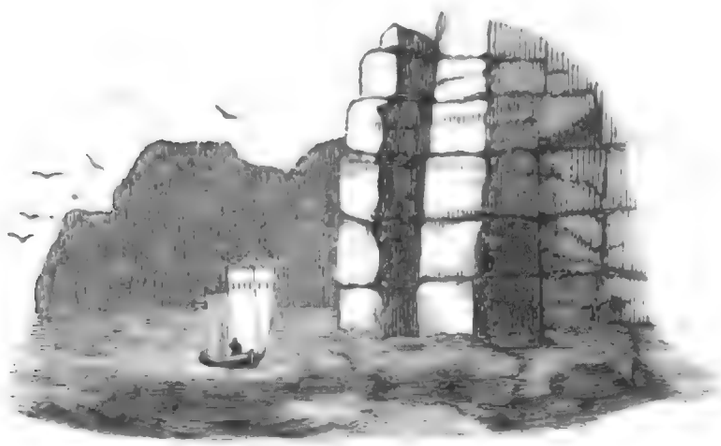
Das gegliederte Ansehen des Granits, wo Block auf Block sich findet, als wenn sie künstlich auf einander gethürmt wären, sieht man oft auf freistehenden Berggipfeln, wo Spitzen aus den mehr abgerundeten und weniger erhabenen Massen dieses Gesteins hervorstehen und ebenso an Meeresklippen. Die folgende Figur 254 erläutert diese gegliederte Structur des Granits an Meeresküsten, wie sie sich im Districte des Landsend in Cornwall findet. Die horizontalen Ebenen hängen von der Structur des Granits an jenem Orte ab und finden sich in

*) Durch sehr sorgfältige Untersuchungen in den granitischen Districten von Cornwall und Devonshire fand ich, dass viele hundert Beobachtungen ungefähr 80 Proc. von Fällen ergaben, in welchen die grossen Klüfte nur 14° von der Richtung N. 25° W. abwichen, und ungefähr 15 Proc. von Fällen, in welchen sie zwischen 14° bis 15° von diesem Punkte abwichen, und es bleiben etwa 5 Proc. von Fällen, in welchen die nördlichen und südlichen Klüfte sich mehr den Querklüften nähern. Die vorherrschende Richtung der Klüfte in dem Serpentindistrict von Cornwall hält sich innerhalb weniger Grade in der Richtung N. 25° W. In dieser Gesteinsmasse wie in den verschiedenen Granitmassen desselben Districtes giebt es zahllose andere Richtungen der Klüfte, aber im Ganzen verhält sie sich wie angegeben.

Digitized by Google

vielen anderen Theilen der Erde in Uebereinstimmung mit den äusseren Formen der ganzen Masse. Es kann sein, dass wir in den Absonderun-

Fig. 254.



gen granitischer Gesteine bloss eine Structur der Theile haben, wie sie bei ihrem Festwerden gebildet wurde, so dass der verschiedene Ursprung der horizontalen von den verticalen Ebenen nicht begründet ist. Die mehr oder weniger verticalen Klüfte mancher Granite setzen sich allerdings oft, wie z. B. in Cornwall, in die sedimentären Gesteine fort, mit welchen sie vorkommen, aber es fragt sich, in wie weit daraus geschlossen werden kann, dass dieselben später als die horizontalen Ebenen in dem Granit gebildet wurden, da die Zerklüftung des ganzen Areals in einer einzigen geologischen Periode stattgefunden haben kann. Man kann in der That schliessen, dass der Granit sich oft in verhältnissmässig geringer Tiefe unter solchen Districten findet und die erhobenen Sedimentärgesteine trägt.

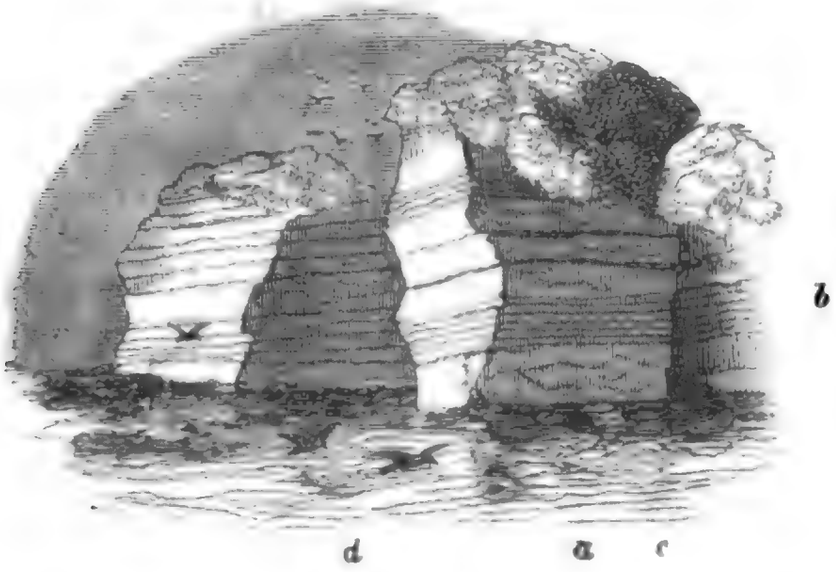
Obgleich es bei den mehr oder weniger verticalen Absonderungen der granitischen Gesteine bisweilen zweifelhaft ist, in wie weit sie in der ursprünglichen Structur begründet liegen, wie die Theilungsflächen in gewissen Feldspath und Hornblendegesteinen, und in wie weit ihnen dadurch eine Säulenstructur in der Art der Basalte ertheilt wird, so kann doch kein Zweifel bezüglich der Absonderungen in Sedimentärgesteinen herrschen. Hier besteht die Masse aus festgewordenem Grus, Sand, Schlich, Thon oder Schlamm, und ist durch Ebenen getheilt, welche sie auf bedeutende Entfernungen in bestimmte Richtungen durchschneiden. Sedimentäre Ablagerungen, namentlich wenn diese gehörig fest geworden sind, zeigen oft ein Ansehen wie in Fig. 255 (s. f. S.), wo zwei Reihen von Klüften, *a* und *b*, sich bei *c* durchsetzen und eine Kluft parallel mit *a* bei *d* erscheint.

Die auffallendsten Erläuterungen für die Thätigkeit der Kraft, welche die Klüfte hervorbrachte, sieht man in Conglomeraten, wo sehr verschiedenartige und verschieden grosse Gerölle bisweilen so glatt in gegebenen Ebenen getheilt sind, als wenn dieselben aus weichen nach-

Digitized by Google

giebigen Substanzen gebildet gewesen und durch ein dünnes scharfes Instrument durchschnitten worden wären. Beispiele hiervon liefern die

Fig. 255.

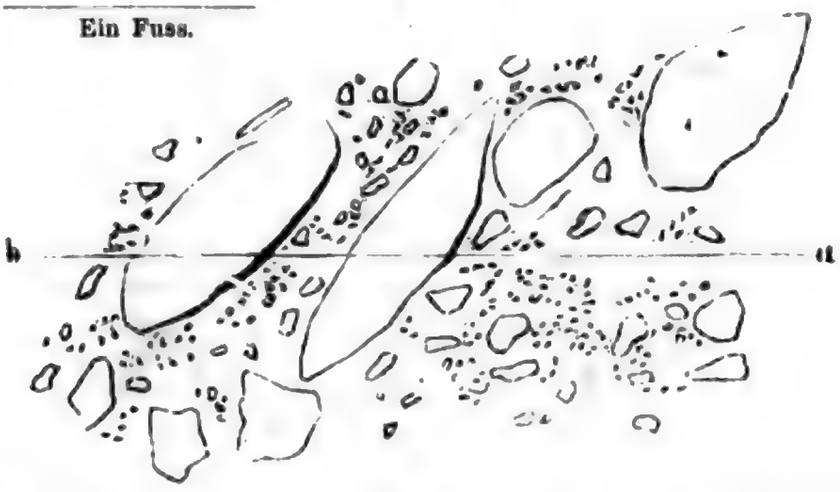


Conglomerate der älteren Gesteine, und vielleicht sieht man sie nirgends besser als bei den Conglomeraten der jüngeren Grauwacke (*old red*) in der Grafschaft Waterford. Grosse Massen des aus Quarz und aus Theilen älterer sandiger und anderer Ablagerungen, sowie auch aus eruptiven Gesteinen bestehenden Conglomerats, findet man glatt durchschnitten und durch Kluftflächen getrennt. An den Commerachs z. B. scheinen die letzteren an den Klippen, die sich mehrere hundert Fuss über die Seen erheben, die Masse des Conglomerats in mächtige Säulen zu theilen. Bei sorgfältiger Untersuchung zeigt die Theilung keine Spur von Dislocation oder Bewegung und die Theilungsflächen der Gerölle passen genau auf einander. Klüfte dieser Art sind sehr zugänglich, und man sieht sie leicht in dem Conglomerat der jüngeren Grauwacke (*old red*), das auf aufgerichteten silurischen Gesteinen ruht, gegenüber der Stadt Waterford. Von der Art und Weise, auf welche diese Absonderungsebenen durch Conglomerate, ohne die geringste Spur von Verrückung der Schichten oder Gerölle in ihnen, hindurchsetzen, kann man sich oft an Meeresküsten überzeugen, besonders wo die Schichten beinahe horizontal und scharf markirt sind, und wo die Ebbe sich beträchtlich vom Ufer zurückzieht. Die folgende Skizze Fig. 256, wo eine Kluft ein merkwürdiges Conglomerat in der Formation des Kohlenkalks an der Küste bei Skerries in der Grafschaft Dublin durchsetzt und die Gerölle von bedeutender Grösse sind, dient zur Erläuterung dieses Umstandes. Die Oberflächen der getheilten Gerölle, die aus cambrischen Gesteinen bestehen und wahrscheinlich von Massen derselben herrühren, welche zum Theil noch in der Nachbarschaft anstehen, sind so glatt, als wenn keine Absonderungsebene der Art durch sie ginge, und

Digitized by Google

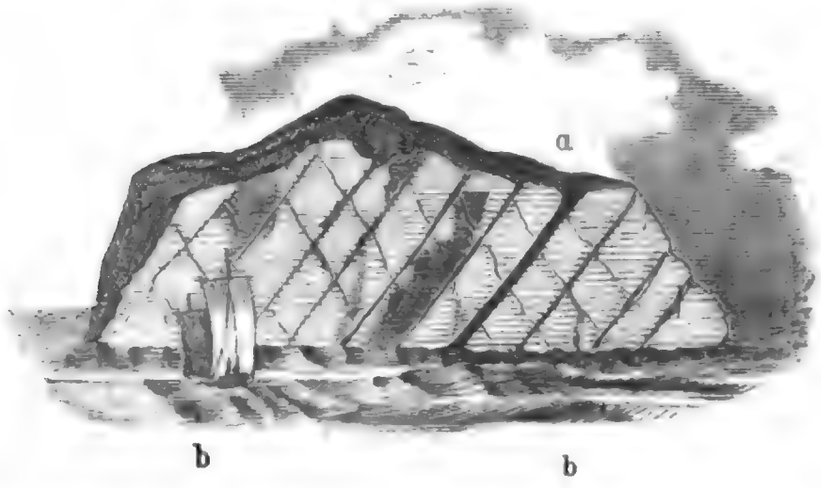
doch schneidet eine solche nicht nur durch dieses Conglomerat, sondern auch durch den Kohlenkalk, mit welchem es vorkommt.

Fig. 256.



In Kalksteinen findet man oft Klüfte der merkwürdigsten Art. In vielen Fällen ist es nicht schwer, die Schichtung von der Zerklüftung zu unterscheiden. In anderen Fällen dagegen ist dies ohne sorgfältige Untersuchung nicht so leicht. Bisweilen sind die Klüfte viel deutlicher als die Ebenen der wahren Schichtung. So z. B. in der folgenden Fig. 257, wo die Klüfte sehr deutlich sind und besonders eine Kluft

Fig. 257.



bei *a* etwas geöffnet ist, während die wahre Schichtung *b b* undeutlicher erscheint. In solchen Fällen muss man sorgfältig nach organischen Resten, ungleichen Schichten oder Zwischenlagen von Schieferthon oder anderen Massen suchen, um die wahre Schichtung zu erkennen.

Der Lauf der Klüfte ist zwar oft durch verschiedene Gesteine in demselben Districte sehr deutlich und behauptet dieselbe allgemeine Richtung auf weite Strecken, als wenn die sie hervorbringende Kraft durch irgend einen grossen allgemeinen Einfluss zur Thätigkeit gekommen wäre, welche eine grosse Masse von Gesteinen in jenem Districte afficirte, er richtet sich indessen nicht wenig, wie bei der transversalen Schieferung, nach der hauptsächlichsten Lagerung der Schichten, indem

Digitized by Google

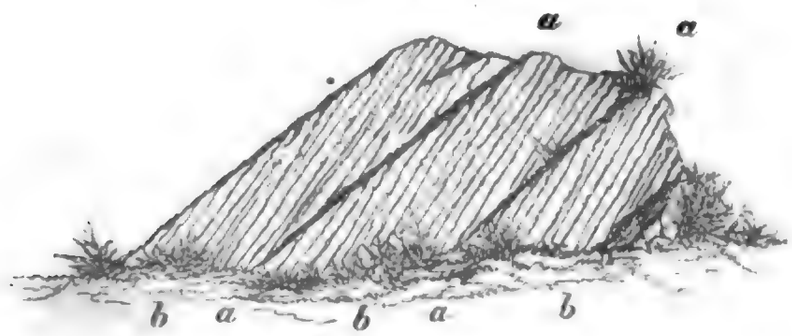
häufig eine Neigung zu einer Richtung rechtwinklig auf dieselben vorwaltet. Wie bei der Schieferung scheinen auch die Kluftabsonderungen, so weit es ihre Entfernung von einander angeht, häufiger durch gewisse Schichten einer Ablagerung zu laufen als durch andere. Als ein Beispiel dieser Art dienen die Absonderungen durch einen Theil der Schieferthone des Lias bei Lyme Regis. Obgleich man dort keine Klüfte in der Masse der diese Ablagerung bildenden thonigen Kalksteine findet, so sieht man doch in gewissen Schieferthonschichten westlich von der Stadt Absonderungen, die senkrecht auf die Schichten stehen, gleich den Dielen eines Zimmerbodens, und die sich so weit erstrecken, als die Schichten bei der Ebbe blossliegen.

Da es keinem Zweifel unterliegt, dass Klüfte, wie die transversale Schieferung, sich unter passenden Verhältnissen in verschiedenen geologischen Zeiten gebildet haben, und da diese geschieferten oder zerklüfteten Gesteine sich später bewegt haben können, so lässt sich erwarten, dass bisweilen die Lage der einen und der anderen in Bezug auf ihre Richtung zum Horizont nicht die ist, in welcher die transversale Schieferung oder die Zerklüftung statthatte. Vielmehr finden sich geschieferte und zerklüftete Gesteine zuweilen in Lagen, aus denen solche nachträgliche Bewegungen wahrscheinlich werden. So ruht z. B. die jüngere Grauwacke (*old red*) im südlichen Irland auf silurischen Gesteinen, die geschiefert, vielleicht auch zerklüftet wurden vor der Ablagerung der ersteren, und dieselbe Formationsreihe wird auch von ähnlichen Theilungsflächen durchsetzt. Bei der Untersuchung jenes Theils von Irland findet man, dass die jüngere Grauwacke (*old red*) nebst der Reihe des Kohlenkalks, die auf ihr ruht, ebenfalls seit ihrer Ablagerung eine Lageveränderung erlitt, und da deshalb die unteren Gesteine wiederum bewegt wurden, so dass die grosse Masse von Gesteinen, die auf ihnen ruhte, sich runzeln und biegen konnte, so können ihre ursprünglichen Schieferungsebenen und auch ihre Klüfte kaum in ihrer ursprünglichen Lage sein. Die Wahrscheinlichkeit solcher Bewegungen wird deshalb etwas den ersten Augenschein in Bezug auf die ursprüngliche Lage von Schieferung und von Klüftung modificiren, und der Geognost darf nicht vergessen, dass die Bewegung einer in dieser Weise getheilten Gesteinsmasse zu Beugungen, von Reibung einiger Oberflächen der Absonderungsebenen auf einander begleitet sein und seine Untersuchungen über die ursprüngliche Beschaffenheit solcher Oberflächen schwierig machen kann. Bewegungen dieser Art können eine Ungewissheit über die leicht geneigten Kluftebenen, die man bisweilen findet, veranlassen, obgleich bis jetzt kein Beweis vorliegt, aus dem hervorginge, dass Klüfte in einer Weise entstanden sind, wodurch eine Absonderung in der Gesteinsmasse in einem solchen Winkel zum Horizont unwahrscheinlich wird. Solche Kluftebenen müssen wohl von den Ebenen wahrer Schichten unterschieden werden, wie z. B. in dem folgenden

Digitized by Google

Durchschnitt, Fig. 258, wo eine Masse von Thonschiefer, die ursprünglich eine mächtige Ablagerung von Thon oder Schlamm war, jetzt

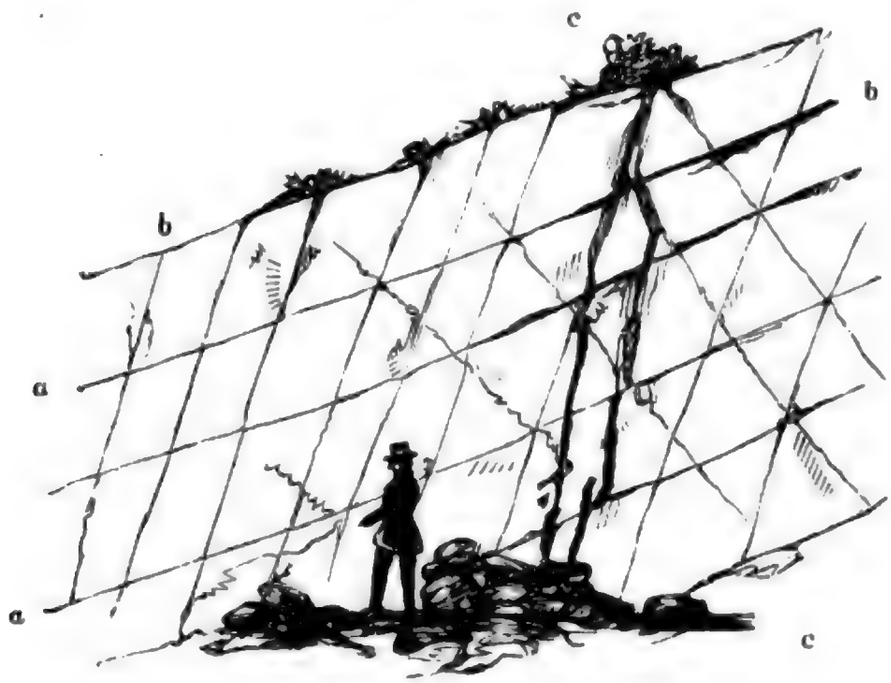
Fig. 258.



aber ein festes Gestein bildet, Klüfte *a a a* und Durchschnitte von Schieferungsebenen *b b* zeigt.

Bisweilen wird die Trennung einer ursprünglichen Ablagerung von Thon oder Schlich durch eine transversale Schieferung und Klüftung sehr complicirt, und es erfordert keine geringe Sorgfalt, die Oberfläche der wahren Schichten zu finden, besonders wenn organische Reste fehlen und die Felsmasse durchaus einen gleichförmigen Charakter hat. Von einer solchen Complication liefert die folgende Skizze, Fig. 259, nach einem Steinbruch am Brewer's Hill in der Grafschaft Wicklow eine Erläuterung. Die wahre Schichtung ist eine Ebene, die

Fig. 259.



dem Leser gegenübersteht, während Absonderungsebenen in der Richtung *a a*, *b b* und *c c* vorhanden sind.

Digitized by Google

Biegung, Krümmung und Zerreissung der Gesteine.

Obgleich wir bereits der Lageveränderung in verschiedenen sowohl eruptiven wie sedimentären Gesteinen gedacht haben, welche nach ihrer Ablagerung oder ihrem Emporsteigen mehr oder weniger bewegt wurden, so müssen wir doch die Aufmerksamkeit noch einmal auf diesen Gegenstand lenken, da er füglich für sich selbst betrachtet werden kann. Wir haben bei der Erwähnung des Eindringens feuergebildeter Gesteine gesehen, dass die Lagenveränderung von Gesteinsmassen, die in einer geologischen Periode abgelagert wurden, während die Ablagerungen einer anderen unbewegt blieben, dazu beitrug, die Zeit zu bestimmen, in der das feuergebildete Gestein in einem geschmolzenen Zustande von unten erhoben wurde; und ebenso, dass die Lagerung von Conglomeraten und Sandsteinen gegen oder um Schichten von früher gebildeten, in ihrer Lage gestörten Gesteinen nützlich war, weil sie die Gegenwart von altem Festland an bestimmten Orten kundgab, das von Ufern und Klippen begrenzt war.

Obgleich Berge uns keineswegs das einzige Mittel darbieten, um die Biegung, Krümmung und Zerreissung der Gesteine im grossen Maassstabe zu studiren, so werden sie doch wichtig durch die Masse von Material, welches in ihnen verhältnissmässig hoch in die Atmosphäre und bisweilen auf beträchtliche Strecken im Zusammenhang erhoben wurde, weil die Niederungen sich nach ihnen richten, und Gelegenheit gegeben ist, erläuternde Durchschnitte in verschiedenen Ebenen zu erhalten. Ein Blick auf einen Globus von einiger Grösse zeigt die Ketten oder Reihen der Gebirge, welche hervorstehende Strecken auf der Oberfläche der Erde bilden. Mit einem solchen Globus vor Augen, und mit Berücksichtigung der Höhen verschiedener Bergketten, im Vergleich mit dem Durchmesser unseres Planeten, werden wir wahrhaftig auf den Gedanken kommen, dass, so erhaben und wichtig dieselben auch denen erscheinen mögen, die in ihren Einsenkungen wandern, oder ihre Höhen erklimmen, dieselben doch bloss sehr geringe Hervorragungen bilden und nur sehr unbedeutend die allgemeine Gestalt der Erde verändern. Es ist sehr wichtig, dass beim Aufsuchen von Thatsachen für die Erklärung der Bildung der Gebirge das Verhältniss derselben zu dem Volumen und dem Durchmesser der Erde nicht vernachlässigt wird. Wenn in der folgenden Fig. 260 *a b e* einen Durchschnitt eines Theiles unseres Planeten darstellt, von seiner Oberfläche *a b* bis zu seinem Mittelpunkte *e*, so ist die dicke Linie *a b* die Höhe selbst der höchsten Berge im Vergleich zu dem Radius der Erde. Es begreift sich deshalb leicht, dass die Zerreissung eines Theiles der festgewordenen oder theilweise festgewordenen Mineral-

Digitized by Google

massen, die auf mannigfache Weise über die Oberfläche *a b* vertheilt sind, und das Drängen der Seiten dieser Risse oder Spalten gegen einander, ohne oder mit Eindringen von geschmolzener Masse in die Zwischenräume der gedrängten Massen, Stücke von verschiedener Gestalt darbietet, die mehr oder weniger der Richtung der Spalten entsprechen.

Fig. 260.

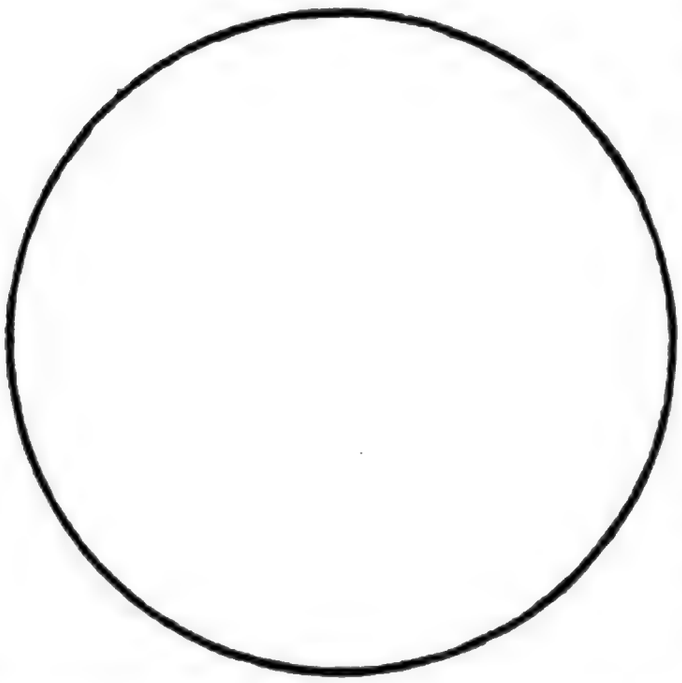
Wir haben gesehen, dass feuergebildete Gesteine auf verschiedene Weise ausgebrochen sind, dass Mineralmassen, die die Thätigkeit des Meeres und der atmosphärischen Einflüsse von ihnen loslöste, oder die in Lösungen erhalten wurden, sich über verschiedene grosse Flächenräume ausbreiteten, dass diese bisweilen sich aufwärts oder abwärts in Bezug auf das Niveau des Oceans bewegten, und dass, da die Gesteine bei ihrer Senkung einer erhöhten Temperatur begegneten (besonders wenn sie nach oben von weiteren Mineralmassen bedeckt waren), als wo sie in die Atmosphäre erhoben wurden, Modificationen in der Anordnung ihrer Bestandtheile stattfanden. Fasst man alles dieses ins Auge und lässt man den Ansichten über die Dicke der so bewegten Erdoberfläche einen hinreichenden Spielraum, nehmen wir selbst an, dass diese Dicke sich bis zu 25 deutschen Meilen in die Tiefe erstreckte (*a c*, *b d*, Fig. 260), so gelangen wir bloss zu einem relativen Verhältniss des Volumens und der Dicke der äusseren Rinde unseres Planeten, wie die folgende Fig. 261 (s. f. S.) darstellt, worin die Dicke von 25 Meilen durch die dicke Kreislinie dargestellt ist.

Ist man durch diese allgemeine Ansicht über die relative Wichtigkeit des Volumens und des Diameters der Erde und der Bergrücken auf ihrer Oberfläche vorbereitet, so wird man wahrscheinlich geneigt sein, die Krümmungen und Biegungen der verschiedenen Gesteine, die man in solchen Gebirgsrücken findet, mit Rücksicht auf eine über die Oberfläche unseres Planeten allgemein wirkende Ursache zu betrachten, da man in allen ausgedehnten Flächen von

Digitized by Google

Festland bestimmte Bergketten findet. Wenn man bei weiterer Untersuchung den Beweis erhält, dass alle Bergketten nicht gleichzeitig in ihre jetzige Lage erhoben wurden, indem die Ablagerungen von bestimmten geologischen Perioden in einigen auf früher gebildeten und in ihrer Lage veränderten Schichten ruhen, während in anderen die zeitlichen Aequivalente von diesen unbewegten Ablagerungen selbst in ihrer Lage verändert und zerrissen wurden und vielleicht ruhig von später gebildeten Schichten bedeckt sind, so wird man zu der Ueberzeugung kommen, dass, welches auch die Ursache der Bergketten gewesen sein mag, dieselbe in der That während einer langen geologischen Zeit in Thätigkeit gewesen ist und noch in Thätigkeit sein kann *).

Fig. 261.



*) Der folgende Durchschnitt, Fig. 262, wird das relative Alter der in ihrer Lage veränderten Gesteinsschichten in Bergketten verdeutlichen. Wenn

Fig. 262.

die Gesteine *a a* ruhig auf den aufgerichteten Schichten *b b* liegen, so schliesst man, dass *b b* vor der Ablagerung von *a a* eine Veränderung der Lage erlitt, und folglich, wenn *a a* ein bekanntes Gestein der geologischen Reihe ist, so erhält man das relative Alter der Bewegung der Schichten *b b*, so weit es sich auf *a a* bezieht. Wenn keine gewöhnlich bekannten Ablagerungen zwischen ihnen fehlen, so erhält man annäherungsweise das relative Alter der Aufrichtung von *b b*. Findet sich, dass in einer Bergkette oder sonst andere Ablagerungen *c* auf solche Weise so zu den Ablagerungen *b b* gestellt sind, dass man daraus auf eine andere und frühere Bewegung von Gesteinen schliessen kann, so muss es in einer solchen Gebirgskette oder in einem bewegten Districte zwei bestimmte Bewegungen gegeben haben, eine vor der Bildung von *b b*, und eine andere vor der Ablagerung von *a a*. In dem Falle, wo sich Schichten darbieten, welche gebogene Gesteine bedecken, ist es nöthig, sie im Grossen und Ganzen sorgfältig zu beobachten. Wenn z. B. die Schichten *a a* in dem

Digitized by Google

Verbindet man die Gestalt, das Volumen und den Durchmesser der Erde mit dem relativen Verhältniss des Volumens und der Höhe von Bergketten, wie z. B. der Alpen, der Anden oder des Himalaya, so drängt sich von selbst der Gedanke auf, inwiefern irgend eine allgemeine Ursache für diese verhältnissmässig unbedeutenden Strecken und Unebenheiten, die den ebenen Charakter der Erdoberfläche wenig beeinträchtigen, auf eine Veränderung in dem Volumen der Erde selbst gefolgt sein mag. Versucht man die Hypothese, dass ein Sphäroid,

---

folgenden Durchschnitt (Fig. 263) ungestört auf den gebogenen Schichten *b b* ruhen, und wenn der einzige entblösste Theil da ist, wo sie von der Linie *c* durchschnitten sind, so erscheinen in diesem Falle alle Schichten ungestört, und bloss wenn man zur Rechten oder Linken weiter geht, und wo die gestörten Schichten darunter gehörig entblösst sind, kann man die wahre Art der Lagerung finden. Diese Vorsicht ist keineswegs so unnöthig, wie es beim ersten Anblick scheinen möchte, besonders wenn die Biegungen und Krümmungen in einem grossen Maassstabe stattfinden. Hier müssen wir auch noch erwähnen, wie man eine unrichtige Vorstellung von dem Fallen oder der Neigung der Schichten durch eine einzige Ansicht erhalten kann, indem sie selbst horizontal erscheinen können, wie in der nebenstehenden Skizze (Fig. 264), während sie in Wahrheit weit von dieser Lage entfernt sind, da sie nur einen Theil von gebogenen oder gekrümmten Gesteinen bilden, wie die folgende Ansicht (Fig. 265) darthut, die dasselbe Vorgebirge an

Fig. 263.

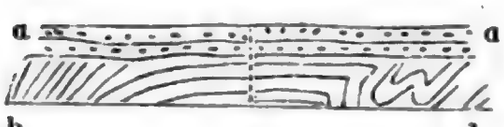


Fig. 264.

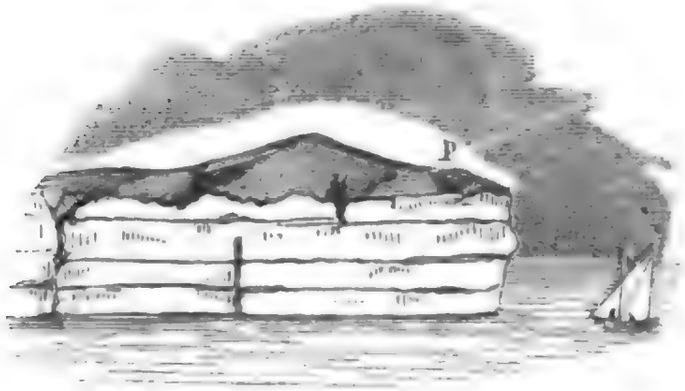
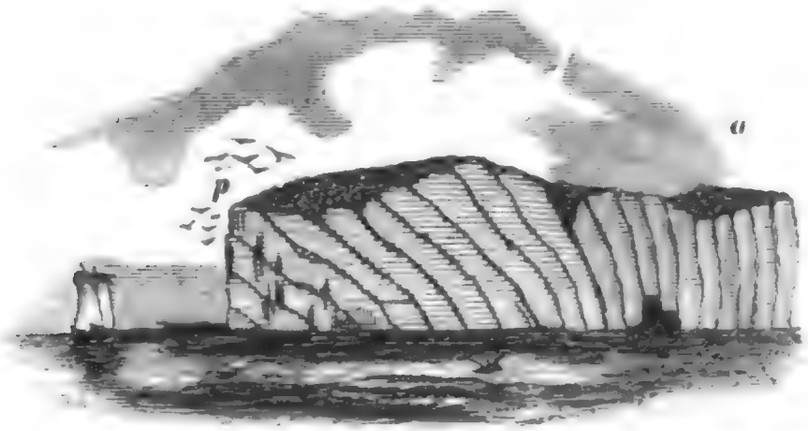


Fig. 265.



einer Küste *p* in beiden Figuren darstellt, welches von dem Lande *a a* vorspringt.

Digitized by Google

wie das der Erde, durch Ausstrahlung in den umgebenden Raum Wärme verloren hat, wodurch ein gegebenes Massenvolumen allmälig seine Temperatur abgab, die anfänglich hinreichte, das Ganze in einem flüssigen Zustande zu erhalten, so wird man vielleicht zu dem Schlusse geführt, dass eine oxydirte und verhältnissmässig abgekühlte oberflächliche Decke von festgewordener Mineralmasse, die besonders in ihren unteren Theilen eine vorherrschende krystallinische Structur besass, unter Verhältnisse kam, wodurch sie zerriss und sich aufrichtete, mit mannigfaltigen Richtungen in Bezug auf die Faltungen und Zerreissungen, um sich einer Masse darunter anzuschmiegen, die allmälig aufhörte, einen ursprünglich tragenden Raum unter ihr einzunehmen. Nach dieser Hypothese muss die Oxydation der verschiedenen Substanzen, die die Masse der Mineralstoffe ausmachen, die wir auf der Oberfläche der Erde kennen, betrachtet werden, insofern solche Oxydationen das Volumen der Elementarsubstanzen auf dieser Oberfläche vermehren, und auf diese Weise allein zur Veränderung der festen Anschmiegung einer Kruste von Gesteinsmassen auf dem übrigen Theile der Erde darunter beitragen, deren Elementarsubstanzen unverändert geblieben waren.

Wie sich dies auch verhalten und welche Hypothese man auch vorziehen mag, um zur Ursache der Bergketten zu gelangen, so müssen alle Thatsachen, bei der Lagerung von Mineralmassen, aus denen Bergketten bestehen, in Betracht gezogen werden, damit die Beobachtung sich auch auf den Gegenstand im Grossen richtet, während auch der Bau der einzelnen Ketten nicht ausser Acht gelassen wird. Die Erde weicht in ihrer Gestalt so wenig von einer Kugel ab, dass sie bei Untersuchungen dieser Art betrachtet werden kann, als bestände dieselbe aus einer Masse, auf welche irgend eine allgemeine Thätigkeit wirkte, die ihre Oberfläche in Stücken erhob, und dieselbe auch auf dieser Oberfläche Resultate von einer bestimmten allgemeinen Art hervorrief, unter der Voraussetzung, dass die Kräfte und Widerstände und alle übrigen Umstände gleich waren. Die Schwierigkeit liegt in der Annahme von genau gleichförmigen Bedingungen in Bezug auf solche relative kleinere Volumina von Massen einer Bergkette, so dass, selbst wenn wir zu dem Schlusse irgend einer beständigen Thätigkeit kommen, dieselbe so durch Umstände modificirt sein kann, dass sie wesentlich der Beobachtung entzogen ist. In den letzteren Jahren hat man den Richtungslinien der Störungen auf der Erdoberfläche, welche Bergketten hervorbringen, oder sonst stattfinden, in Folge der Arbeiten von Elie de Beaumont über diesen Gegenstand grosse Aufmerksamkeit geschenkt *). Dieser Naturforscher kommt zu dem Schlusse, dass die Störungen der Erdkruste im Verlaufe geologischer Zeit in ge-

*) Zuerst der französischen Akademie im Jahre 1829 mitgetheilt.

Digitized by Google

gebenen Richtungen und in gewissen Zeiten stattgefunden haben, und dass diese Störungen längs beträchtlicher Zerreissungen der grösseren Kreise unseres Planeten stattgefunden haben. Er nimmt ferner an, dass es mehrere bestimmte Systeme der Störung giebt, von denen jedes durch eine gegebene Richtung bezeichnet ist. Neuerdings bemerkt Beaumont, bei der Beschreibung von einigen Linien dieser Art, die er auf gewisse Systeme bezieht, welche sich auf einander in der Ordnung der geologischen Zeit folgen und alle von verhältnissmässig altem geologischen Datum sind, und nachdem er auf die Systeme der kleinen Bogen grosser Kreise angespielt hat, dass das Fundamentalproblem, welches ein ähnliches System von kleinen Bogen auf der Oberfläche der Erde darbietet, wo sie durch die Gebirgskämme oder das Ausgehende von Gesteinen bezeichnet werden, in der Bestimmung des grossen Kreises besteht, dessen Elementen jeder der kleinen beobachteten Bogen parallel ist*). Während man deshalb die Richtungen der Stö-

*) Die kleinen, durch Beobachtung bestimmten Bogen, sagt Elie de Beaumont (*Bullet. de la Soc. géolog. de France, t.* 1846 — 47), können im Allgemeinen selbst als unendlich kleine Secanten oder Tangenten von so vielen kleinen Kreisen betrachtet werden, die aus der Intersection der Oberfläche des Sphäroids mit dem grossen Kreise der Vergleichung hervorgehen, welcher den Aequator des ganzen Systems bildet. Jeder von diesen kleinen Kreisen ist parallel in Bezug auf den Aequator des Systems; er hat dieselben Pole wie dieser, und diese Pole sind die beiden Punkte, wo alle die grossen Kreise, welche senkrecht auf die kleinen Bogen und das System paralleler Linien sind, die durch Beobachtung bestimmt wurden, sich durchschneiden.

Das Problem, das aus einem solchen System paralleler Linien hervorgeht, die auf der Oberfläche der Erde beobachtet werden, besteht in der Bestimmung dieser beiden Pole, oder was dasselbe ist, seinem Aequator, d. h. dem grossen Kreise der Vergleichung, mit welchem jeder der kleinen beobachteten Bogen als parallel betrachtet werden kann. „Diese Bestimmung," bemerkt Beaumont, „würde leicht sein und könnte nach zwei oder wenigstens einigen wenigen Beobachtungen gemacht werden, wenn der Bedingung des Parallelismus streng Genüge geleistet wäre; da dieses indessen im Allgemeinen nur annäherungsweise der Fall ist, so kann die Bestimmung des grossen Kreises der Vergleichung nur aus dem Mittel zahlreicher Beobachtungen erfolgen, die gehörig mit einander combinirt werden, und wir können deshalb zu dieser Bestimmung, während die Beobachtungen nicht sehr vielfältig oder über einen grossen Raum verbreitet sind, nur durch allmälige Annäherung gelangen."

Da es ganz unmöglich ist, eine richtige Ansicht der verschiedenen Störungslinien zu geben, ohne die nöthigen Tafeln und Berechnungen, auf die er sie gegründet hat, was hier nicht am Platze wäre, und da es ausserdem sehr schwer sein würde, genügend die sehr präcisen Angaben von Elie de Beaumont abzukürzen, so verweisen wir auf seine Abhandlung im „*Dictionnaire Universelle d'Histoire Naturelle*", t. XII. p. 167. Elie de Beaumont hat seine Untersuchungen der grossen Störungen

Digitized by Google

rung in verschiedenen geologischen Zeiten mit Rücksicht auf die Ansichten von Elie de Beaumont gehörig würdigt, muss man die grossen Kreise der Vergleichung im Auge behalten, auf die die Richtungen von Bergketten oder Massen gestörter Schichten bezogen werden müssen.

Bei Untersuchungen dieser Art hat der Geognost nicht nur die Wirkung einer Kraft, welche Theile der Erdoberfläche zerreisst und allgemein oder local wirkt, sondern auch die Art des Widerstandes zu beachten, die wesentlich durch eine verschiedene Wichtigkeit der betroffenen festen Masse und durch Verschiedenheiten in der Cohäsion der Theile dieser Masse modificirt werden kann. Wie bei allen Bewegungen dieser Art, werden Unterschiede in den Linien des geringsten Widerstandes gegen eine gegebene Kraft, unabhängig von denen in der Kraft selbst, sehr wesentliche Unterschiede in der Richtung der gestörten Gesteine hervorrufen, besonders im Kleinen, und bei Untersuchungen der Art ist es nicht immer leicht, den Werth solcher kleinerer Abweichungen zu schätzen. Wenn ein Beobachter, der die geologische Structur von England und von dem benachbarten Continent im Allgemeinen kennt, und gehörig die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der verschiedenen Gesteine bis zu einer Tiefe erwägt, die sich auf etwa einer deutschen Meile finden, und wenn er voraussetzt, dass diese Masse von verschiedentlich abgelagerten Stoffen durch irgend eine in einer gegebenen Richtung wirkende Kraft gefaltet, gepresst und gebogen wird, so dass eine hohe Bergkette, wie die Alpen oder der Himalaya entsteht, so wird er erwarten, dass wahrscheinlich sehr wesentliche geringere Modificationen in der Richtung der verschiedenen Theile hervorgebracht werden, und dass diese selbst die Richtung der Kette verändern. Wenn man annimmt, dass die grossen Massen feuergebildeter Gesteine, wie z. B. die Granite, in verschiedenen Theilen des erwähnten Flächenraumes gleichsam ziemlich fest in den Boden geankerte Pfeiler sind, und ein Stoss auf dieselben und die Detritusablagerungen wirkt, von denen sie oberflächlich bis zu verschiedenen Tiefen umgeben oder bedeckt sind, so wird sich in Folge davon eine Lagerung der Mineralmassen in Uebereinstimmung mit ihrer verschiedenen Cohäsion, Form und Mächtigkeit bilden.

Da während des Fortschrittes geologischer Zeit ein so bedeutender Theil der Erdoberfläche, der entweder aus feuergebildeten Producten gebildet, oder mit sedimentären oder chemisch abgelagerten Massen

---

auf der Erdoberfläche, die in bestimmten geologischen Zeiten stattfanden, noch weiter verfolgt, und in den *Compt. rend.* der französ. Akademie vom 9. September 1850 niedergelegt. Dort leitet er von Neuem die Aufmerksamkeit auf die jetzigen bekannten Richtungen von Bergketten und ihre Uebereinstimmung mit einem pentagonalen Netze, welches durch die Durchschneidung von funfzehn grossen Kreisen der Kugel gebildet wurde.

Digitized by Google

von verschiedener Art sowie auch mit den Resten sep tierischen und vegetabilischen Lebens überschüttet ist, durch jüngere Ablagerungen ähnlicher Art selbst jetzt über weite Flächen bedeckt und verborgen wird, so ist es keine leichte Aufgabe für den Geologen, sich die Oberflächen-Beschaffenheit unseres Planeten in gegebenen Perioden vorzustellen, so dass die gestörten und ungestörten Theile gehörig getrennt werden. Dies wird um so schwieriger, wenn seine Untersuchungen sich auf frühere Perioden erstrecken, da nicht nur ein so grosser Theil der damaligen Erdoberflächen jetzt unter jüngeren Ablagerungen begraben, sondern selbst die Erhebung solcher Oberflächen, wodurch sich Bergketten bilden, jetzt durch jene Thätigkeit des Meeres und atmosphärischer Einflüsse verwischt sein kann, denen der Name der Denudation (Abschwemmung, Entblössung) gegeben worden ist. Blickt man auf diese Quelle der Entfernung von Mineralmasse, und nimmt man für den Augenblick an, dass alle anderen Verhältnisse gleich sind, so werden wir desto geringere Spuren einer Bergkette erwarten dürfen, je älter sie ist, und umgekehrt, je jünger die Kette ist, desto unveränderter werden wir sie in ihrer Form und ihrem allgemeinen Charakter finden. Hier zeigen sich sogleich die Unterschiede in den anderen Verhältnissen. Gleichzeitig gebildete Gebirgsketten und selbst Theile von ihnen können sehr verschieden betroffen worden sein. Eine Kette oder ein Theil einer Kette in einem gegebenen Areal könnte in dem Zustande verbleiben, wie sie in die Atmosphäre erhoben wurde, und nur durch die Einflüsse modificirt sein, denen sie dort unterlag, während in einem anderen Areal oder in einem Theil davon, das Land unter das Meeresniveau submergirt oder über dasselbe selbst verschiedene Male erhoben worden sein kann, mit den begleitenden Folgen entweder von neuen Bedeckungen oder der Entfernung von Mineralmasse, die daraus hervorging.

Glücklicher Weise finden sich in Europa und Amerika grosse Landstrecken, wo die Schichten der älteren Versteinerungen führenden Gesteine noch eine Stellung einnehmen, die nicht sehr von der ihrer ersten Ablagerung verschieden ist, und weit ausgedehnte Flächenräume haben so ihr Niveau in Bezug auf das Meer verändert, dass der alte Seeboden ohne Faltung und Zerbrechung der Schichten zu festem Land wurde. Andere beträchtliche Flächenräume gleicher Art wird man wahrscheinlich entdecken, wenn ausgedehnte und bis jetzt weniger untersuchte Gegenden besser bekannt sind. Diese alten ungestörten Theile der Erdoberfläche werden dadurch wichtig, weil sie den Theil derselben darstellen, der der Aufrichtung, dem Druck und den Biegungen, die die Schichten an anderen Orten erlitten haben, entgangen ist. Könnten wir dieselben etwas weit zerstreut erhalten, so würden sie eine bedeutende Hülfe darbieten, um die ungestörten von den gestörten Theilen der Erdkruste, so weit es das Drücken oder die Biegung derselben be-

Digitized by Google

trifft, zu trennen, obgleich begreiflicher Weise nicht diejenigen, welche auf eine horizontale oder fast horizontale Weise in Masse erhoben oder gesenkt wurden. Wenn wir, wie in der grossen von Norden nach Süden laufenden Uralkette, dieselben Ablagerungen als Ganzes und in einer bestimmten Richtung gepresst und gestört finden, und das relative Alter dieser Störung annähernd bestimmt werden kann, so erhält der Geologe nicht nur eine Kenntniss von der Zeit, bis zu welcher diese Theile der Erdoberfläche ohne solche Störungen geblieben sein können, sondern auch von der Richtung einer oder mehrerer Linien, längs welcher die letzteren stattfanden.

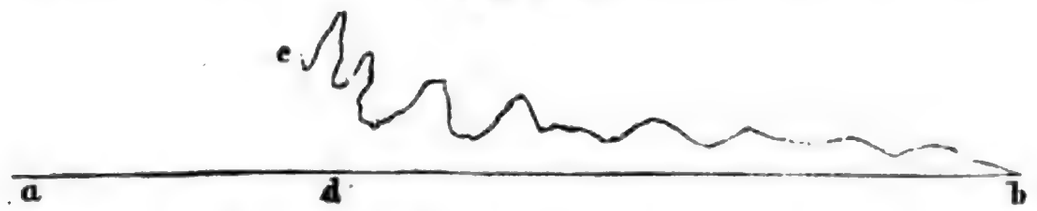
Die Bergketten, welche in so manchen Theilen der Erdoberfläche vorkommen, liefern alle den Beweis von einem Drucke und einer Biegung der gestörten Ablagerungen, soweit die Untersuchungen sich erstrecken. Während bei einigen feuergebildete Masse in ziemlich beträchtlicher Menge aufgestiegen ist, und offenbar damals als diese Störungen statthatten, so findet man eine solche in anderen nicht so häufig. Dies kann unter sonst gleichen Umständen abhängen von der Menge der Mineralmasse von einem anderen Charakter, die entfernt worden ist, oder davon, dass diese Masse sich so lagerte, dass die eruptiven Gesteine verborgen bleiben. Bei Untersuchungen dieser Art muss man deshalb vorsichtig zu Werke gehen. So können wir in einigen Granitgruppen, wie in den oben erwähnten des südwestlichen Englands und südöstlichen Irlands, bloss die Reste von früheren Bergketten vor uns haben.

Um sehr genaue Annäherungen in Bergketten hinsichtlich des Grades der Faltung, Biegung oder Zerreissung der auf die erwähnte Weise betroffenen Gesteine zu erhalten, muss man Durchschnitte aufnehmen, die diese Umstände im richtigen Verhältniss darstellen. Gewöhnlich strebt man aber nach keiner grossen Genauigkeit, so dass Durchschnitte von Bergketten bloss sehr allgemeine Ansichten über den Gegenstand liefern. Aber selbst diese reichen hin, um den grossen Seitendruck zu zeigen, dem das Ganze, wenn man die feuergebildeten Gesteine ausser Betrachtung lässt, unterworfen war. Der Beobachter findet oft, dass, wenn er eine gegebene Reihe von Schichten verfolgt, die hinreichend bezeichnende Charaktere für diesen Zweck darbieten, und wenn er die Schluchten erwägt, die von Oeffnungen durch Risse herrühren, dass, wenn man solche gekrümmte Schichten wieder in Gedanken ebnet, dieselben sich über einen grösseren oberflächlichen Raum verbreiten würden, als sie jetzt einnehmen. Wenn deshalb in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 266, die gekrümmte und gebogene Linie die Faltungen und Krümmungen einer gegebenen Schichtreihe *c d* darstellt, an den Seiten einer Bergkette wie die Alpen, und wenn man die Zerreissungen und entfernteren Theile in Betracht zieht, und diese Linie auf eine gerade *a b* reducirt, so ist es klar, dass eine seitliche Ausdehnung zum

Digitized by Google

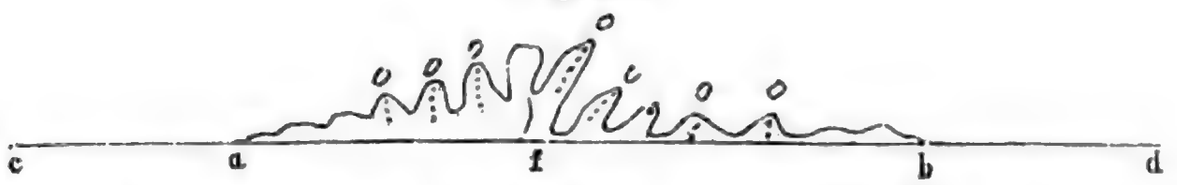
Belauf der Entfernung *a d* nöthig ist, damit diese Schichten zu ihrer ursprünglichen Lage zurückkehren, vorausgesetzt, dass der Punkt *b* fest

Fig. 266.



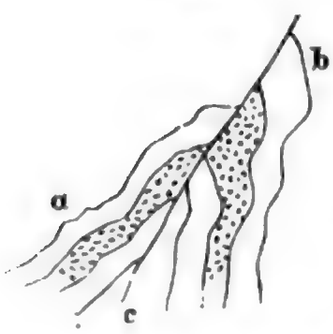
geblieben ist. Auf ähnliche Weise wird, wenn statt eines Abhanges einer Bergkette beide Abhänge Faltungen und Krümmungen ihrer Schichten zeigen, und ein Durchschnitt durch die ganze Gebirgskette von der folgenden Art ist, Fig. 267, in diesem Falle die Linie *c d* die Ent-

Fig. 267.



fernung angeben, die für das Abplatten der gefalteten und gekrümmten Schichten nöthig ist, statt *a b*, der jetzt von ihnen angenommenen Entfernung. Nimmt man an, dass die Punkte *a* und *b* in Bezug auf die Entfernungen nach aussen von ihnen fest geblieben sind, so hat dann eine Verringerung in der Entfernung zwischen ihnen stattgefunden, die gleich ist $c\ a + b\ d$, indem die Schichten, welche früher die Entfernung *c d* einnahmen, so gefaltet und gebogen sind, dass sie sich nicht über *a b* erstrecken. Daraus geht auch eine Bewegung von *c* nach *a* und von *d* nach *b* hervor, und angenommen, dass die Substanzen dieser Schichten hinreichend nachgiebig waren, so konnte dies ohne eine Zerreissung bei *f* stattfinden. Im Falle Zerreissungen an den Hauptbiegungen stattgefunden haben, wie bei *o*, *o*, *o*, *o*, können die Entfernungen für die relative Bewegung *c a* und *b d* etwas geändert werden, indem Zerreissungen, wie in Fig. 268, in Anschlag gebracht werden müssen, wobei *c* eine Bruchlinie ist, längs welcher die Schichten *a* nach *b* herabgeglitten sind.

Fig. 268.



Da auf diese Weise eine Verkleinerung des früher von diesen gefalteten und gebogenen Schichten eingenommenen Flächenraumes stattgefunden hat, so muss man untersuchen, ob es an der einen oder der anderen Seite einer Bergkette, oder an beiden, Beweise giebt, die zu Gunsten eines Seitendruckes sprechen, der von aussen nach innen gewirkt hat, oder ob die Thatsachen zu Gunsten einer oder mehrerer grossen Spalten in den Bergketten selbst sprechen, gegen deren Seiten die Gesteine sich bewegten, und sich nach der Wirkung der Schwere und dem Seitendruck auf nachgiebiges Material

Digitized by Google

nach auswärts lagerten. Der gewöhnliche Eindruck, welcher selbst auf allgemeine Durchschnitte von Bergketten, wie z. B. der Alpen, bleibt, besteht darin, dass eine Erhebung der Gesteinsmassen in der Richtung ihrer Hauptketten stattgefunden, und dass sie sich seitwärts gelagert haben, um der Schwerkraft, welche senkrecht auf die erhobene Masse wirkte, zu begegnen *).

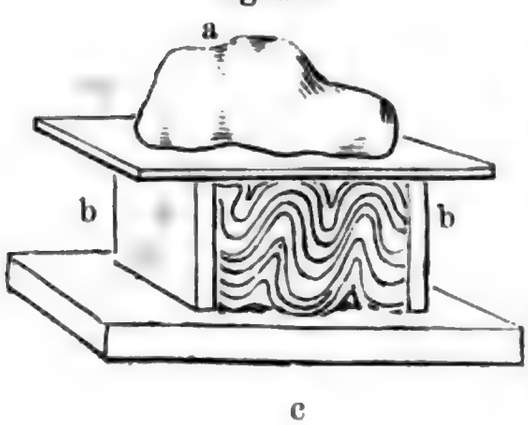
Der nöthige Druck und die Gegenwart geschmolzenen Gesteins unter den bewegten Massen vorausgesetzt, wird das letztere leicht in entstandene Oeffnungen eintreten, so weit es jener Druck erlaubt, und diese eingedrungene Masse wird einen grossen Theil der zerrissenen Schichten bei der Abkühlung wieder zusammenbinden. Ein Eindringen solcher geschmolzenen Gesteine könnte deshalb eine Folge der Thätigkeit sein, die die Erhebung einer Bergkette hervorbringt, und nach den Umständen eine grössere oder geringere Wichtigkeit haben.

Wir verdanken den beiden Rogers Beobachtungen über einen ungefähr 195,000 engl. Quadratmeilen ausgedehnten District in Nord-Amerika, durch welche wir zur Kenntniss einer bestimmten Richtung in den Biegungen und Faltungen der Gesteine, in Uebereinstimmung mit der Entfernung gelangt sind, aus welcher die Kraft wirkte. Eine sorgfältige Untersuchung der Zone der Appalachen, wie sie diesen District nennen, zeigte, dass er aus fünf grossen Gürteln besteht, welche bei dem Verfolgen von Südosten nach Nordwesten die grössten Krümmungen in dem ersten Gürtel zeigen, oder dem südöstlich von den blauen Bergen (*Blue Ridge*) oder der grünen Bergkette (*Green Mountain Chain*). Die Schichten dieses Gürtels sind in ungeheuer dicht zusammengedrängte Falten gerunzelt, die sich fast ausschliesslich nach Südwesten in Winkeln neigen, die von 45°—70° wechseln. In dem dritten Gürtel sind die Schichten weniger zusammengedrückt und die nördliche

---

*) Rücksichtlich der Faltung der Schichten durch senkrechten und seitlichen Druck, zeigte Hall schon im Jahre 1813 (*Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, Vol. III. p. 86), dass dies leicht künstlich nachgerechnet werden könnte, wenn man verschiedene Stücke Tuch nimmt, diese horizontal auf einen Tisch *c* legt, Fig. 269, und sie durch ein Gewicht *a* niederdrückt, welches parallel mit dem Tische darunter wirkt, und indem man einen Seitendruck *b*, *b* wirken lässt. Das obere Gewicht *a* ist indessen bei Untersuchungen dieser Art nicht nothwendig, da bei einer rechten Menge des Tuches seine Schwere allein hinreicht, die Biegungen hervorzubringen und eine grössere Aehnlichkeit mit der Natur erhalten wird. Indem man nur eine Seite oder beide zugleich bewegt, so sieht man leicht sehr interessante Verschiedenheiten in den Biegungen der Schichten.

Fig. 269.



Digitized by Google

Seite jenes Sattels nähert sich fast der senkrechten Stellung*). In dem vierten Gürtel, dem der centralen Appalachen von Pennsylvanien, Virginien und Tenessee, breiten sich die convexen und concaven Biegungen allmälig aus, und die Steilheit der Nordwestseite jeder Sattellinie vermindert sich allmälig. In dem fünften Gürtel, dem des Steinkohlendistrictes der Alleghany- und Cumberland-Berge, erweitern sich die Curven noch mehr und bilden breite symmetrische Undulationen mit schwachem Einfallen. Die Falten und Undulationen der Schichten kommen in Gruppen vor, deren Axen fast parallel und in den Biegungen sich einander ähnlich sind, da viele von den grösseren Sätteln eine Länge von 80—100 engl. Meilen haben**). In Bezug auf Dislocationen dieser Schichten bemerkt man zwei Systeme, eines von kurzen Zerreissungen, welche fast senkrecht auf das Streichen der Sättel sind, und ein anderes, wo sie mit dem Streifen parallel sind. Die Längendislocationen, von denen einige in Virginien mehr als 100 engl. Meilen lang sind, sind zerrissene Biegungen und die Zerreissung findet sich fast unabänderlich auf der Nordwestseite oder der überhängenden Seite der Sättel, und haben ein ziemlich steiles südöstliches Einfallen. Einige von diesen grossen Zerreissungen haben Stücke von einst zusammenhängenden Schichten auf nicht weniger als 8000 Fuss von einander entfernt, senkrecht auf die Oberfläche der Schichten gemessen. Nach einer Untersuchung der gestörten Gesteine der Alpen, des Jura und des Districtes der älteren versteinerungsführenden Gesteine des Rheins spricht Rogers die Ansicht aus, dass auch an diesen Orten ähnliche Biegungen und Faltungen vorkommen***).

---

*) In einem verticalen Gesteinsdurchschnitt, wo die folgende Linie *b c*, Fig. 270, die Biegungen in Folge des Druckes darstellt, sind *a a a* die Sättel und *s s s* die Muldenbiegungen.

Fig. 270.

**) Was die Entfernung zwischen den grossen Falten angeht, so beträgt dieselbe in dem südöstlichen Gürtel weniger als eine englische Meile, in dem centralen Gürtel zwischen einer und zwei Meilen, und in dem nordwestlichen Gürtel haben die Biegungen eine Amplitude von fünf bis zehn Meilen.

***) Aus der Untersuchung der Schiefer- und Grauwackenbildungen des Rheins (des Rheinischen Systems) schliesst Rogers, dass der ganze District, der aus den genannten Gesteinen und der Steinkohlenformation besteht, die Wirkungen der Gesetze der Biegung und Faltung zeigt, die man in den Appalachen findet, und er macht auf einen Durchschnitt von Südosten nach Nordwesten, entweder durch den Taunus nach Westphalen, oder den Rhein entlang von Bingen nach Remagen, oder von dem Hundsrück

Digitized by Google

Die Bildung eines Systems von Biegungen und Falten, wie das in Nordamerika vorkommende, erfordert nicht nur grossen Seitendruck, sondern auch eine ziemlich gleichförmige und allgemeine Nachgiebigkeit der während der ganzen Zeit, in der die Wirkung dauerte, bewegten Schichten. Wären grosse Massen abwechselnder oder tiefliegender feuergebildeter Gesteine vorhanden gewesen, welche einen verschiedenen Widerstand gegen die angewandte Kraft leisteten, so liesse sich eine bedeutende Modification in den resultirenden Biegungen und Faltungen erwarten, indem die weicheren und weniger fest gewordenen Schichten selbst bisweilen über die grossen Massen der harten eruptiven Gesteine gepresst worden wären. So könnte es sein, dass bei einer grossen Häufigkeit feuergebildeter Gesteine, von denen viele Massen in grosser Tiefe liegen, die Resultate einer Kraftthätigkeit längs einer ausgedehnten Linie so modificirt sind, dass es bedeutende Schwierigkeit macht, die verschiedenen Biegungen und Faltungen auf eine solche Linie zu verfolgen. In allen Fällen, sowohl in der grossen appalachischen Zone, wie in den Massen, die zu beträchtlichen Höhen auf einander gethürmt sind, wie in den Alpen und im Himalaya, ist eine Verkürzung des früher von den Schichten eingenommenen Raumes nothwendig (Fig. 267).

Mag nun der Geognost mit der Untersuchung von Biegungen und Falten in Gebirgsketten oder weniger erhobenen Landestheilen beschäftigt sein, so ist es nicht nur wünschenswerth, den Grad der Faltung und Biegung der gestörten Ablagerungen, sondern auch den wirklichen Umriss der Districte zu ermitteln. Ohne die gehörige Rücksicht auf diesen Umriss erhält man höchst übertriebene Ansichten von Höhen und Einsenkungen, besonders in Berggegenden, im Verhältniss zu ihren Entfernungen, eine Uebertreibung, welche sehr nachtheilig auf die richtige Vorstellung der relativen Masse solcher Berge im Vergleich mit den weniger erhobenen und ausgezeichneten Zügen des Landes wirkt,

---

bis zum Kohlendistricte von Lüttich aufmerksam, wo fast überall ein südöstliches Einfallen herrscht, welches von den engen schiefen Faltungen herrührt, die steile oder überhängende Neigungen nach Nordwesten von jedem grossen Sattel zeigen. Er bemerkt ferner, dass, wenn man nach Norden fortschreitet, die Falten allmälig offener werden, und dass die Ungleichheit in dem Einfallen der Sättelflügel sich verringert, so dass auch in diesem Falle die Kraftwirkung von Südosten her stattgefunden hat. Auch im Jura finden sich, nach Rogers, die Sättel auf der einen Seite mehr einwärts gebogen als auf der anderen, obgleich nicht überhängend, und während die Sättel zunächst der grossen Schweizerebene höher sind, so sind die einzelnen Biegungen am steilsten nach den Alpen zu. In den Alpen fallen die Axenebenen nach einwärts von beiden Seiten gegen den inneren Theil zu, so dass die Massen in entgegengesetzten Richtungen gefaltet sind; die Faltungen im Berner Oberland fallen nach Süden, die der Gotthard-Kette und des Simplon nach Norden.

Digitized by Google

in welchem sie vorkommen. Der folgende Durchschnitt (Fig. 271) zeigt die relative Wichtigkeit der Erhebung und Masse der Alpen, von dem Jura bis nach dem Centralstocke, in einer Richtung, welche durch den Genfer See und die Spitze des Montblanc geht, wo der Maassstab für die Höhe und Entfernung derselbe ist. In diesem Durchschnitt ist *j* der Jura, *g* der Genfer See, *v* der Voirons, *m* der Mole, *a* die Aiguille de Varens, *b* der Breven, MB der Montblanc und *c* der Cramont.

Fig. 271.

In gewissen Gegenden, wo die Verkleinerung eines Areals, welches früher von einer gegebenen Reihe horizontal ausgebreiteter Schichten eingenommen war, durch Biegungen und Faltungen statthatte, und diese Ablagerungen selbst in verschiedenen Ebenen einschrumpften, und wo auch noch grössere Biegungen in der complicirten Lagerung besonderer Abtheilungen verfolgt werden können, finden sich oft beträchtliche Massen von feuergebildeten namentlich granitischen Gesteinen. Der Möglichkeit, dass einige von diesen Massen in einem geschmolzenen Zustand aufgestiegen sind, wenn sie sich wegen des nothwendigen Druckes nach oben bewegen konnten, ist bereits gedacht worden. Während die Blosslegung von manchen von ihnen durch die Entfernung von Mineralmassen durch Denudation stattgefunden, scheinen andere mehr einen Raum gegen oder zwischen gefalteteten und gebogenen Schichten eingenommen zu haben, in welche sie leicht in einem zähen oder teigigen Zustand eintreten konnten. Die Gebrüder Rogers haben nachgewiesen, dass das blosse Eindringen von flüssiger und geschmolzener Masse kaum die in den benachbarten gestörten Schichten beobachteten Wirkungen hervorbringen konnte, wenn man annimmt, dass solche Massen einen Theil einer grösseren Masse derselben Art darunter bilden. Was auch die Ursache solcher Nebeneinanderlagerungen von Massen feuriger Materie ist, so müssen sie gehörig gewürdigt werden, und es ist immer wünschenswerth, den von ihnen eingenommenen Raum mit dem zu vergleichen, der durch die Faltung oder Runzelung der gestörten Schichten verloren wurde, so dass die Aehnlichkeit oder der Unterschied offenbar wird*). Jede Hypothese verlangt ein

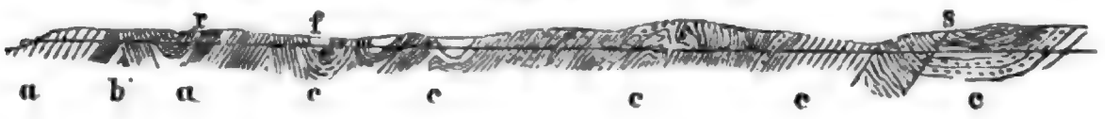
*) Bezüglich grosser und weit verbreiteter Massen von Granit inmitten gestörter sedimentärer Schichten muss man sich erinnern, dass wie vulkanische Massen der heutigen Zeit, diese selbst zum Theil nach dem Festwerden in ihren höheren

Digitized by Google

Gleiten von keinem unbeträchtlichen Theil von Mineralmasse auf der Erdoberfläche, und um den Grad desselben gehörig zu ermessen, ist es nöthig, die wahrscheinliche Mächtigkeit der bewegten Schichten im Verhältniss zu der Breite der betroffenen Oberfläche ins Auge zu fassen. Wenn wir z. B. (da einige von den Verwerfungen, wo Falten in der appalachischen Zone zerrissen wurden, nach Rogers 8000 Fuss betragen) zwei englische Meilen (etwa 3219 Meter) als die Mächtigkeit der bewegten Schichten annehmen, 150 Meilen als ihre jetzige Breite, quer auf ihr Streichen gemessen, und wenn wir ein Fünftel mehr für ihre Breite in ihrer früheren ausgedehnten Gestalt erlauben, so ist das Verhältniss der Dicke zu der Breite der gestörten und mehr oder weniger über irgend eine passende Unterlage darunter geglittenen Masse ungefähr wie 1 : 90.

Die versteinerungsführenden Gesteine von Europa bieten an manchen Orten treffliche Beispiele von Biegungen und Faltungen aus verschiedenen geologischen Zeiten. Auf den britischen Inseln giebt es viele Gelegenheit für ihr Studium im Grossen und Kleinen. Einige in Wales und Irland sind wohl zu beachten, nicht nur wegen der Faltung feuriger Producte verschiedener Art inmitten der gewöhnlichen sedimentären Ablagerungen, mit denen sie vorkommen, sondern auch wegen der Art, wie sich die nachgiebigeren mit den mehr widerstrebenden Gesteinen, wenn sie von einem Seitendruck getroffen wurden, ins Gleichgewicht gesetzt haben. Einige von den Krümmungen der Schichten der Steinkohlenformation des südlichen Wales sind in dieser Hinsicht sehr belehrend. Wir geben als Beispiel den folgenden Durchschnitt bei Tenby, Fig. 272, da der unterste Theil der Gesteine bei

Fig. 272.



dieser Stadt übergekippt ist, so dass sie das täuschende Ansehen haben, als seien sie nach denen abgelagert, welche sie in der That tragen. Die Reihe der Bergkalkformation, *a*, scheint bei Tenby, *r*, nach dem Theil der dort sichtbaren Krümmung auf den Kohlenschichten zu ruhen. Gewisse untere Schichten dieser Kalksteinreihe sind durch eine Biegung der Schichten bei *b* heraufgebracht worden. *c c c* stellen verschiedene Schieferthone und Sandsteine der Kohlenflötze dar. Es giebt auch

---

Theilen und nach der ersten Erhebung wieder erhitzt worden sein können, wenn Spalten, die sich in den früheren Ablagerungen gebildet hatten, selbst mit dem geschmolzenen Gestein erfüllt wurden, so dass bei der Fortdauer des Druckes diese wieder erweichten Theile wie die Schichten der früher gebildeten Ablagerungen hinaufgedrängt werden konnten, indem die letzteren noch weiter nach einer Seite geworfen wurden.

Digitized by Google

Dislocationen oder Verwerfungen bei *f f*, und *w v* ist Waterwinch, nördlich von Tenby. Eine noch beträchtlichere Ueberkippung sieht man am Ufer eines Theiles von Milford Haven, einige Meilen westlich von Tenby, wo jüngere Grauwacke (*old red*) auf Kohlenkalkstein, und der letztere auf den Kohlenflötzen ruht.

Bei Bewegungen dieser Art lassen sich selbst Störungen in der Lagerung der einzelnen Theile der Schichten erwarten nach der relativen Lage der letzteren und der Schichtentheile selbst. Wenn deshalb bei einer Abwechselung von Sand- und Schlammschichten, die wenig oder gar nicht festgeworden sind, ein allgemeiner Seitendruck auf diese Schichten stattfindet, so werden sie im Verhältniss zu ihrem Widerstande nachgeben. Als Beispiel dienen die kleinen Biegungen von Sandsteinen, die mit Schieferthonen geschichtet sind, in Bewly Bay, Waterford Hafen, die zu den älteren versteinerungsführenden Gesteinen gehören (Fig. 273). Die kleineren Theile der Sandsteinschichten, *a a a a*, sieht man dort gebogen, wie in gestörten Felsmassen im grossen Maassstabe, während der Schieferthon, *b b b*, der früher Schlamm war, herabgeglitten, und sich auf eine weniger ausgezeichnete Weise gelagert hat, obgleich seine Theile sich auch bewegt haben können. Das Gleiten von mehr festgewordenen über weniger harte Schichten und die dadurch verursachten Frictionsflächen und Streifen sieht man

Fig. 273.

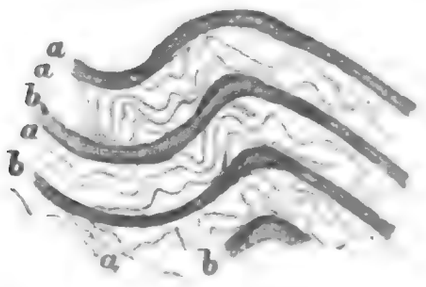


Fig. 274.

an vielen Orten sehr schön. Druckbewegungen dieser Art finden sich in Pembrokeshire in den Schichten der Steinkohlenformation, wo einige Kohlenschichten so vor der allgemeinen Kraft nachgegeben haben, dass ihre Bestandtheile auf die folgende Weise, Fig. 274, in die äusseren Theile der Biegungen, *a a*, gedrückt worden sind, während Dach und Sohle zwischen ihnen in Berührung gebracht wurden.

Der Beobachter hat nicht nur seine Aufmerksamkeit auf die durch das Aufbrechen von Falten bewirkten Zerreissungen zu lenken, wenn die betroffenen Gesteine keiner anderen Biegung fähig waren, sondern auch auf zahllose, bisweilen beträchtlich lange Bruchlinien, welche Schichten und Massen von Gesteinen durchsetzen, wo eine heftige Pressung in grosse Falten und Biegungen nicht stattgefunden hat. Solche Bruchlinien bezeichnet man mit dem Namen von Verwerfungsspalten. Bisweilen sind dieselben selbst bei beträchtlicher Länge von sehr unbedeutenden Dislocationen begleitet, und die Seiten der Zerreissung entspre-

Digitized by Google

chen sich beinahe; in anderen Fällen ist der Bruch aus einer mehrere Tausend Fuss betragenden Trennung der Schichten senkrecht auf ihre Oberfläche hervorgegangen und doch findet sich derselbe nicht an der grössten Biegung einer Falte. Da dieselben sehr mächtig in Grubendistricten sind und gewöhnlich Gänge die in Folge von ihnen gebliebenen Räume ausgefüllt haben, so ist die Richtung dieser Zerreissungen in solchen Districten besser bekannt, als sie sonst sein würde; man kann sie aber auch leicht in vielen anderen Districten verfolgen, wo Schichten von ausgezeichneter und ungleicher Mineralstructur vorkommen.

In neuerer Zeit hat man der Richtung dieser Bruchlinien und der relativen Zeit ihrer Bildung grosse Aufmerksamkeit geschenkt. Besonders Hopkins beschäftigte sich mit der Art ihres Vorkommens und mit den Verhältnissen, unter denen Spalten, welche entweder gleichzeitig oder in auf einander folgenden Perioden gebildet werden, gewisse Richtungen nehmen, und er untersuchte, ob die Sattellinien und andere Störungen und Dislocationen von Gesteinen nicht auf eine weit verbreitete Thätigkeit irgend einer einfachen Ursache hinweisen, die in Bezug auf jeden Theil der Erde in ihrem Wesen und in ihrer Thätigkeit allgemein ist, wenigstens in Hinsicht auf das Ganze jeden Districtes, in dem die Phänomene sich ohne Unterbrechung denselben geometrischen Gesetzen nähern*). Hopkins beginnt in Bezug auf die Thätigkeit einer erhebenden Kraft mit einer so einfachen Hypothese, als der Gegenstand erlaubt. „Ich nehme an," sagt er, „dass diese Kraft unter Theilen der Erdrinde von beträchtlicher Ausdehnung in einer bestimmbaren Tiefe entweder mit gleichförmiger Intensität an jedem Punkt, oder in einigen Fällen mit einer etwas grösseren Intensität an bestimmten Punkten wirkt, wie z. B. an Punkten längs einer Linie der grössten Erhebung, wo die wirklichen Phänomene eine mehr als gewöhnliche Energie dieser unterirdischen Thätigkeit anzeigen. Ich nehme an, dass diese hebende Kraft, welchen Ursprungs dieselbe auch sein mag, auf die untere Fläche der erhobenen Masse durch das Medium einer Flüssigkeit wirkt, die ein elastischer Dampf, oder in anderen Fällen eine Masse in einem Zustande der Schmelzung durch Hitze sein kann" **).

*) Hopkins, *Researches in Physical Geology*; *Transactions of the Cambridge Philosophical Society, Vol. VI., Part. I.*

**) „Die erste Wirkung unserer hebenden Kraft," fährt Hopkins fort, „wird natürlich sein, die Masse zu erheben, unter welcher sie wirkt, und sie in einen Zustand der Ausdehnung und folglich der Spannung zu bringen. Die Zunahme der Intensität in der hebenden Kraft könnte so rasch sein, dass sie ihr den Charakter einer Impulsivkraft ertheilt, in welchem Falle es unmöglich ist, ihre dislocirenden Wirkungen zu berechnen." Er nimmt deshalb immer an, dass diese Intensität und die der nachfolgenden Spannungen anhaltend wachsen, bis die Spannung hinreichend wird, die Masse zu zerreissen und dergestalt Spalten und Dislocationen hervorbringt, deren Na-

Digitized by Google

Nach der Untersuchung der Thätigkeit der hebenden Kraft auf dünne Schichten und der Richtung der Spalten nach verschiedenen Verhältnissen, die auf die einfache Anwendung dieser Kraft parallel sind, wendet Hopkins seine Untersuchungen*) auf eine Masse von drei Dimensionen an, und folgert unter anderen wichtigen Schlüssen daraus, dass „wenn die Masse zwei Systemen von parallelen Spannungen unterworfen ist, von denen die Richtungen auf einander senkrecht sind, zwei Systeme von parallelen Spalten hervorgebracht werden können, deren Richtungen senkrecht auf einander stehen." Er folgert ferner, dass „keine zwei Systeme von parallelen Spalten sich bilden konnten, deren Richtungen nicht auf einander parallel sind." „Wenn die Spalten in jedem von diesen Systemen nahe an einander sind, so können sie nicht durch solche Spannungen, wie wir sie betrachtet haben, nach einander gebildet sein. Sie müssen sich gleichzeitig in jedem Systeme gebildet haben. Ein System konnte indess in irgend einer Zeit nach dem anderen gebildet worden sein." Ferner werden die durch verschiedene Verhältnisse hervorgerufenen Modificationen berührt, und Hopkins bespricht den Sinn, in welchem bei diesen Untersuchungen der Ausdruck Parallelismus betrachtet werden muss. Er bemerkt, dass wenn die Grösse der Masse verhältnissmässig klein und ihre Grenze unregelmässig ist, diese Eigenschaft ganz aufhören würde, die Phänomene zu charakterisiren**).

---

tur und Lage die ersten Gegenstände seiner Untersuchung sind. „Diese werden," fährt er fort, „theils von der hebenden Kraft und theils von dem ihrer Thätigkeit durch die Cohäsionskraft der Masse entgegenstehenden Widerstand abhängen. Unsere Hypothesen bezüglich der Zusammensetzung der erhobenen Masse sind keineswegs auf vollkommene Gleichförmigkeit beschränkt; im Gegentheil wird man finden, dass ihre Cohäsion im Allgemeinen nach irgend einem beständigen Gesetz wechseln kann, und dass ausserdem diese Kraft, indem sie längs einer Verticallinie herabsteigt, nach irgend einem unterbrochenen Gesetz wechselt, so dass die Wahrheit unserer allgemeinen Resultate z. B. unabhängig ist von einem Mangel an Cohäsion zwischen zusammenhängenden horizontalen Schichten eines geschichteten Theiles der Masse. Verticale oder fast verticale Ebenen indessen, längs welcher die Cohäsion viel geringer ist, als in der Masse unmittelbar auf jeder Seite von ihnen, können beträchtliche Modificationen in den Phänomenen hervorbringen, die aus der Thätigkeit einer hebenden Kraft hervorgehen. Die Gegenwart von Klüften z. B. oder von Schieferungsebenen in der erhobenen Masse, wenn die regelmässig zerklüftete oder schiefrige Structur in ihr vor ihrer Erhebung vorherscht, könnte in einem sehr wichtigen Grade den Charakter dieser Phänomene afficiren."

*) Da wir in einem Werke dieser Art auf die Untersuchungen von Hopkins bloss im Allgemeinen eingehen, und ihre Richtung andeuten können, so verweisen wir hinsichtlich der Art, auf welche derselbe allmälig zu seinen Resultaten gelangt, auf die Abhandlungen selbst.

**) Hopkins bemerkt, dass wenn wir annehmen, dass die Oberfläche unse-

Digitized by Google

Blickt man auf die Arten der Ablagerung sowohl der feurigen wie wässerigen Bildungen und auf ihre verschiedene Vermischung an verschiedenen Orten und in verschiedenen Zeiten, so wird man zu dem Schluss kommen, dass eine homogene Beschaffenheit der Structur in den über die Erdoberfläche verbreiteten beträchtlichen Mineralmassen nicht sehr häufig gefunden wird. Beachtet man dies, und ebenso die Thatsache, dass in den thätigen vulkanischen Districten der Welt eine verschiedene Intensität der ziemlich unregelmässig unter einer gewissen Masse der Erdkruste verbreiteten vulkanischen Thätigkeit besteht, so werden sich wahrscheinlich Complicationen mit Zerreissungen der oben erwähnten regelmässigen Art ergeben. Nichts desto weniger ist es höchst wünschenswerth, dass man sich bemüht, die so gewöhnlich in verschiedenen Theilen der Erde vorkommenden Zerreissungen im Grossen zu betrachten, so dass man über die Details einer gegebenen Localität hinausgeht und zu allgemeinen Schlüssen in Bezug auf die Ursache von Verwerfungen und Störungen ihrer Ablagerungen gelangt, indem man ihre Richtungen, Altersverschiedenheiten und solche andere Umstände betrachtet, welche die Verhältnisse, unter denen sie sich ihm darbieten, zulassen.

Wenn man die Richtungen von Zerreissungen mit oder ohne Dislocationen ihrer Seiten sorgfältig untersucht hat, so ist doch das relative geologische Alter ihrer Bildung nicht immer so leicht nachzuweisen. Man findet, dass es in gewissen Districten mehrere von verschiedenem geologischen Alter giebt, und dass doch das Ganze nicht von Ablagerungen bedeckt ist, deren relative Ablagerungszeit bestimmbar ist, und darum die wahrscheinliche Zeit sämmtlicher oder einiger von diesen Verwerfungen und Spalten unsicher bleibt. Unglücklicher Weise findet sich diese Unsicherheit zu häufig. Zu gleicher Zeit ist man oft durch sorgfältige Beobachtung im Stande, ziemlich genauen Nachweis von dem relativen Alter dieser Spalten zu erhalten und hieraus bisweilen wahrscheinliche Schlüsse in Bezug auf das Alter von anderen zu ziehen.

---

rer erhobenen Masse von einer beschränkten Länge und z. B. von einer Linie begrenzt ist, welche sich der Gestalt einer verlängerten Ellipse nähert, sich die Richtung der Spalten in dem transversalen System, wenn wir uns dem Ende der erhobenen Kette nähern, allmälig von der Perpendicularität mit der grösseren Axe (die Erhebungsaxe) ändert, bis sie mit ihr an den Enden der Ellipse parallel sind, wobei sie immer ihr annäherungsweises Zusammenfallen mit den Richtungen der Linien grösster Neigung der allgemeinen Oberfläche der Masse bewahren. Die Spalten des anderen Systems werden annähernd senkrecht auf diese Linien sein. In diesem Falle werden also die beiden Systeme nicht länger durch irgend bestimmte Bezeichnungen charakterisirt sein, welche ihre Richtungen zu der Hebungsaxe haben, und deshalb seien die Ausdrücke longitudinal und transversal auf sie so richtig als in anderen Fällen zu beziehen.

Digitized by Google

Zum Beispiel ist es erwiesen, dass Spalten von Norden nach Süden die jüngere Grauwacke (*old red*), den Bergkalk und die Kohlenschichten von Somersetshire vor Ablagerung der Buntsandsteinreihe dieses Districts durchsetzt haben und nach der Biegung und Krümmung der früheren Gesteine, wobei die Verwerfungen diese Biegungen selbst in rechten Winkeln durchsetzen und die älteren Gesteine nach den Zerreissungen entfernt worden sind, und die untersten Schichten der Buntsandsteinreihe jenes Districtes ruhig auf den verworfenen und abgeriebenen älteren Gesteinen ruhen. Wir beziehen uns zur weiteren Erläuterung dieses Umstandes auf die geologische Karte der Mendipberge, die wir früher (Fig. 175) mitgetheilt haben, wo Verwerfungen *r r r r*, die einander ziemlich parallel sind und eine Richtung von Norden nach Süden haben, die jüngere Grauwacke (*old red*) 1, den Kohlenkalk 2 und die Steinkohlenflötze 3 durchsetzen, so dass man, weil eine unregelmässige Curve dieser Schichten durchsetzt wurde, kaum eine horizontale Bewegung in der jetzigen denudirten Beschaffenheit dieses Theils der Mendipberge nördlich sieht, während südlich eine beträchtliche Ortsbewegung erscheint. Diese Verwerfungen hören, so weit es die Oberfläche betrifft, an dem Lias 6 und Buntsandstein 5 im Norden auf, und die einzige, welche vollständig hindurch verfolgt werden kann, endigt an dem unteren Oolith 7 im Süden. Diese offenbare und oberflächliche Endigung der Verwerfungen entsteht dadurch, dass sie sich vor der Ablagerung des unteren Ooliths, Lias und Buntsandsteins gebildet haben. Man weiss, dass die Hauptverwerfung die Kohlenminen unter einer Fortsetzung dieser Gesteine in ihrer Ausdehnung nach Norden durchsetzt und von allen nordwestlich von Radstock horizontal bedeckt ist. Es würde deshalb in diesem Falle die Zeit dieser Verwerfungen nach der Störung und Biegung der Steinkohlenformation in diesem Districte sein, und vor der Ablagerung der bunten Sandsteinreihe mit Einschluss des dolomitischen Conglomerats in demselben Districte. Da andere Verwerfungen in der Nachbarschaft dasselbe Streichen haben, so könnten sie gleichzeitig mit diesen gebildet sein, besonders da es bei den Wick Rocks, 5 Meilen von Bath, ebenfalls Spalten giebt, die die Kohlenflötze durchsetzen, und diese später und ruhig von Schichten der Buntsandsteinreihe bedeckt wurden. Dass alle Verwerfungen, die irgend einen denudirten oder unbedeckten Theil der älteren Gesteine desselben Districts durchsetzen, von demselben relativen Alter sind, erscheint nicht als wahrscheinlich, da man findet, dass wenige die höheren Ablagerungen selbst sowohl nördlich wie südlich von den Mendipbergen durchsetzen, und die hauptsächlichste von diesen von Osten nach Westen läuft, so dass man glücklicher Weise in diesem beschränkten Districte lernen kann, wie nöthig Vorsicht in Bezug auf das relative Alter von Verwerfungen ist.

Was das Blosslegen von Verwerfungsspalten angeht, und die

Digitized by Google

Schlussfolgerungen in Bezug auf die Dislocation einer Reihe durch andere, so ist hierin ebenfalls Vorsicht nöthig. Es folgt z. B. nicht, wie in dem folgenden Grundriss, Fig. 275, dass die Spalte *a b* jünger, als eine andere *c d* ist, und sie nach *e* verworfen hat, weil die eine Linie zusammenhängend ist und die andere nicht, da solche Zerreissungen unter passenden Bedingungen gleichzeitige Theile von irgend einer grösseren Dislocation sein können, von welcher diese bloss untergeordnete Theile sein können, mit Lagerungen, die von secundären Verhältnissen abhängen. Eine solche offenbare Verwerfung einer Spalte durch eine andere ist von derselben Art, wie die kleinen complicirten Brüche, die sich dicht bei den Spalten oder Verwerfungen selbst befinden und Theile davon bilden, und wovon die folgende, Fig. 276, von St. Agnes in Cornwall, ein Beispiel ist, wo kleine gleichzeitige Brüche im Schiefer mit Zinnstein gefüllt sind, und so, dass eine offenbare Verwerfung bei *h h* statthatte. Wenn solche Erscheinungen sich darbieten, so ist es nöthig, sich zu vergewissern, dass Mineralmasse, die eine Spalte *c d* ausfüllte, Fig. 275, dislocirt und durchsetzt wurde durch die Spalte *a b*.

Fig. 275.

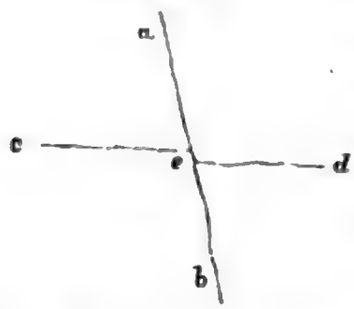
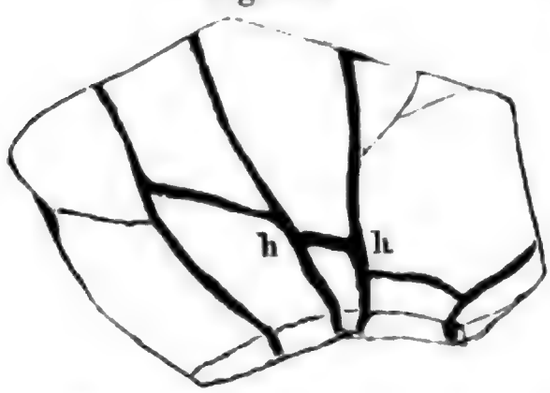
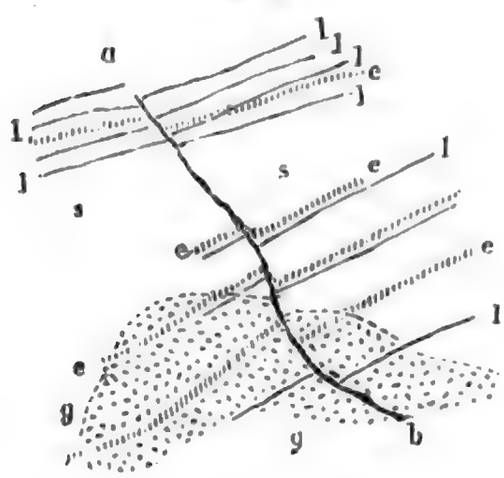


Fig. 276



Einen Beweis für die erwähnte Art der Dislocation findet man oft, so dass kein Zweifel übrig ist, dass eine Spalte oder eine Reihe von Spalten zuerst gebildet und auch ganz oder theilweise erfüllt wurde vor der Bildung von einer oder mehreren anderen; Grubendistricte bieten häufig Gelegenheit zu Untersuchungen dieser Art dar. Als ein Beispiel erwähnen wir einen wohlbekannten District bei Redruth in Cornwall, wo, wie unter Fig. 277 dargestellt ist, Granit *g*, Schiefer *s*, Elvangänge *e e e*, und Erzgänge *l l l*, durch eine Verwerfung *a b* durchschnitten und dislocirt sind, die eine Richtung von Norden nach Süden hat. Dieser Grundriss zeigt auch die Richtung der Spalten *e e*, die mit granitischer Masse (den Elvangängen) erfüllt sind, welche nach der Bildung der granitischen Massen *g* (S. 495) gebildet wurden, und das Zusammentreffen in der Richtung von Theilen der Spalten *l l*, die Kupfer und Zinnerze enthalten und

Fig. 277.

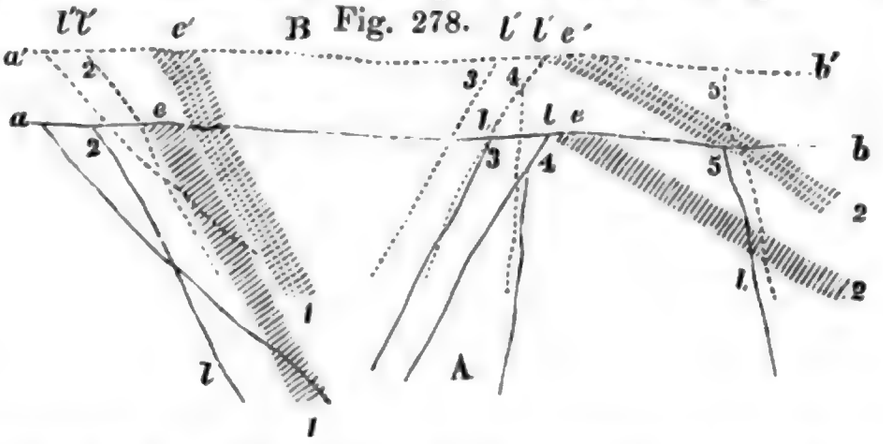


Digitized by Google

später gebildet worden sind, da sie diese Elvangänge in verticaler Richtung durchsetzen.

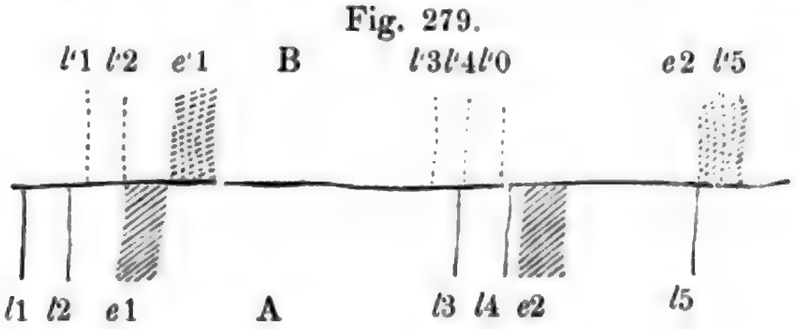
In Bezug auf Durchschnitte in irgend welchen Ebenen, z. B. der horizontalen, in Ländern, die durch das Vorkommen von verschiedenen Gesteinen complicirt sind, welche verschieden in ihrer Lage zu einander gelegen oder durch Spalten, die eine verschiedene Richtung haben und mehr oder weniger mit Mineralsubstanzen von verschiedener Art erfüllt sind, selbst von Mineralmasse, die in ihnen in einem geschmolzenen Zustande erhoben wurde, ist einige Sorgfalt nöthig, so dass ein Beobachter gehörig die relative Lage der Theile des allgemeinen festen, zerbrochenen, verworfenen und gleichsam in einer gegebenen Ebene an einander geriebenen Gesteins würdigt. Es sei das Folgende, Fig. 278,

Fig. 278.



ein Durchschnitt von einem Districte wie Cornwall, *a b* die Oberfläche des Landes, *e e* Elvangänge und *l l l* Erzgänge. Dieses Land soll jetzt in einer Ebene senkrecht zu dem Durchschnitt dislocirt werden, so dass *a' b'* auf der einen Seite vertical über *a b* auf der anderen erhoben wird. Man sieht, dass in dem Niveau *a b*, obgleich die Grösse der verticalen Erhebung allen Erzgängen und Elvangängen gemeinsam war, dieselben jetzt an der Oberfläche *a b* sehr verschiedene Entfernungen von einander einnehmen, je nach den Theilen ihres verschiedenen Fallens, welche nach der erwähnten Bewegung an dieser Oberfläche durchschnitten wurden. Dies geht noch deutlicher aus dem folgenden Plan, Fig. 279, hervor, der in dem Niveau *a b* genommen ist, und über welchen nach der Bildung der Verwerfung Alles durch Denudation entfernt wurde, wie es gewöhnlich der Fall ist. Da die Buchstaben und Figuren sich in dem Durchschnitt und dem Grundriss entsprechen, so wird man finden, dass, während die Erzgänge *l* 1, *l*2 und der Elvangang *e* 1 nach rechts auf der Seite der mit *B* bezeichneten Dislocation, die Erz-

Fig. 279.

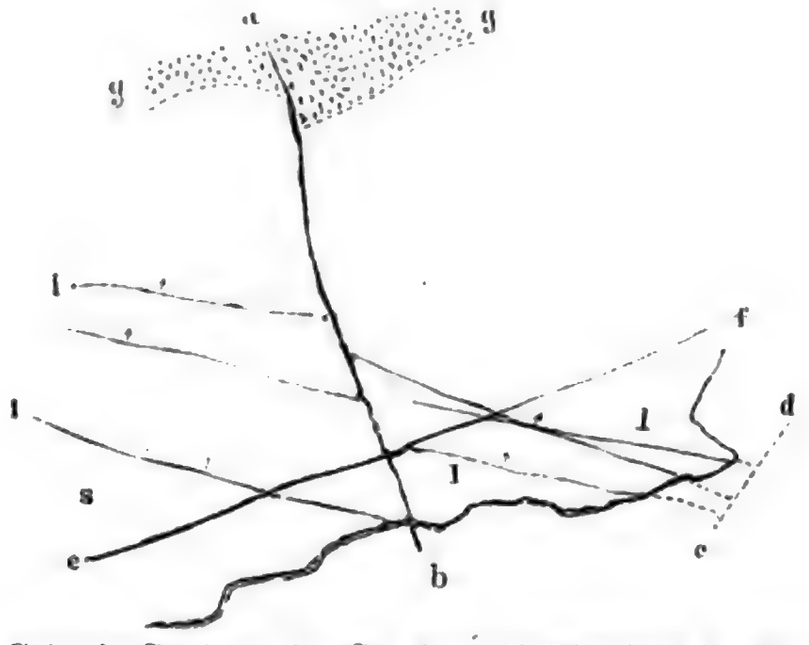


Digitized by Google

gänge *l* 3 und *l* 4 nach links verworfen wurden; und dass in dem letzteren Theile des Durchschnitts und des Plans ein Gang oder ein Zweig eines Ganges *l'* 0 an der Seite *B* erscheint, welcher nicht an der Oberfläche auf der Seite *A* war, so dass die Gänge an der Seite *B* als Fortsetzungen der beiden an der Oberfläche auf der Seite *A* sichtbaren Gänge erscheinen. Der Elvangang *e* 2, welcher dicht bei dem Gange *l* 4, auf der Seite *A* war, ist offenbar weit von ihnen auf der Seite *B* entfernt, und enthält überdies den Gang *l* 5 in dem letzteren Falle, der weit von ihm auf der Oberfläche an der Seite *A* entfernt war*).

Die Beweise für ein Aufeinanderfolgen von Spalten sind oft ausnehmend interessant. Während einige offenbar das Ganze einer Gesteinsmasse mit irgend darin bereits vorhandenen Spalten dislociren und verwerfen, erscheinen andere als blosse Spalten, die mit ihren Wänden kaum oder gar nicht aus ihrer früheren relativen Lage als zusammenhängende Theile derselben Gesteinsmasse bewegt wurden. In dem folgenden Grundriss (Fig. 280) der Erzgänge der Charlestown-, Pem-

Fig. 280.



broke- und Crinnis-Gruben, im St. Austell-Districte in Cornwall, sieht man, dass die Granitbegrenzung *g g*, wie die Erzgänge *l l*, durch die

*) Figuren dieser Art dienen zur Erläuterung der anscheinend widersprechenden Thatsachen, die man bisweilen an den Seiten von Dislocationen beobachtet, welche bis zu einem gemeinsamen Niveau denudirt sind, wo Elvangänge oder andere Gangausfüllungen und Verwerfungsspalten oder Erzgänge in verschiedenen Winkeln in entgegengesetzte Richtungen fallen. In der obigen Figur ist die Bewegung als eine verticale angenommen worden. Da solche Bewegungen häufig andere sind, so ist es nöthig, wenn man zu sehen wünscht, wie durch den Gebrauch solcher Durchschnitte sich Erläuterungen von sehr complicirten Erscheinungen ergeben, die Durchschnitte nicht nur sehr genau und in allen ihren Details proportional zu machen, sondern auch die Bewegung derjenigen, welche man in den Gesteinen selbst findet, entsprechend zu machen. Wenn man sich

Digitized by Google

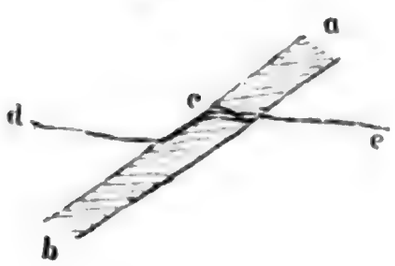
Spalte *a b* verworfen sind. Dasselbe ist der Fall bei *c*, obgleich dieses im Grundriss nicht erscheint, während eine andere und spätere Spalte *e f* das Ganze durchsetzt, ohne nur Verwerfung hervorzubringen.

Spalten theilen sich oft an ihren Enden nach keinem sehr beträchtlichen Laufe, wenn man sie in ihrer horizontalen Ausdehnung betrachtet. Ein Beispiel, wo Erzgänge sich an ihren Enden theilen, liefert der folgende Grundriss, Fig. 281, der Wheal-Fortune-Gruben im Breague-

Fig. 281.

Districte in Cornwall. Der Hauptgang theilt sich dort sowohl im Osten wie im Westen nach einem Lauf von ungefähr $1^1/_4$ engl. Meilen (der Grundriss ist nach dem Maassstab von einem Zoll auf die Meile). Die Erzgänge *m* sind die der Wheal-Friendship-Grube, und sie fallen bei ihrer Verlängerung ebenfalls in den Hauptgang der Wheal-Fortune-Gruben. Diese verschiedenen Erzgänge durchsetzen die Elvangänge *e e*, und werden von später gebildeten Verwerfungen *d d* durchschnitten. Es ist zu bemerken in Bezug auf Schichten oder andere Lagerungsverhältnisse an Gesteinen von verschiedener Zähigkeit, welche von Spalten durchsetzt sind, dass bisweilen einige Sorgfalt nöthig ist, um nicht durch untergeordnete Erscheinungen irre geführt zu werden, denn die Spalten, welche die Linien des geringsten Widerstandes nehmen, können so gegen oder längs der härteren Schichten oder Gänge laufen, dass sie falsche Vorstellungen hervorrufen. So könnte in dem folgenden Durchschnitt oder Grundriss, Fig. 282, was hier einerlei ist, eine Spalte, welche von *d* nach *e* geöffnet ist, und auf einen Elvangang *a b* trifft, einen solchen Widerstand zur stattgehabten Kraft finden, dass sie bloss den letzteren bei *e* durchsetzt, die Wand des Elvanganges auf einige Entfernung hinaufläuft, und von dort ihren Lauf weiter

Fig. 282.



verschiedene Durchschnitte dieser Art auf zwei Glastafeln aufträgt, so dass sie beim Zusammenhalten als eine erscheinen, so werden eine Menge sehr interessanter Umstände klar in Bezug auf die Folgen von Verwerfungsbewegungen in verschiedenen Richtungen, wobei angenommen wird, dass die Oberflächen des Bodens, wie in der Natur, bis zu irgend einem gemeinsamen Niveau denudirt sind.

Digitized by Google

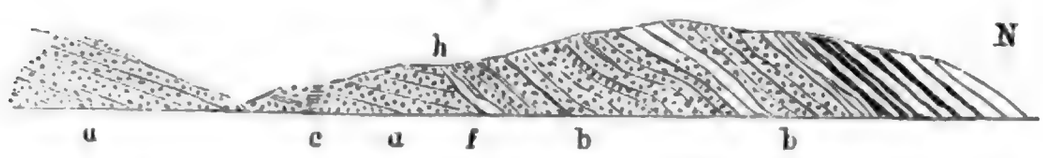
nach rechts in einer Parallellinie *c e* nimmt. Man könnte hier annehmen, was in ähnlichen Fällen oft angenommen wurde, dass der Elvangang eine Spalte *a b* erfüllte, die nach der Spalte *d c* gebildet wurde, indem die Oeffnung gegen den Elvangang auf der Seite *c* sehr geringfügig ist, und selbst ein blosses Gleiten längs der alten Ebene der Spalte *a b* bildet. Indessen ist hier das Umgekehrte der Fall.

Was die Lagerung der Theile eines von Verwerfungen durchsetzten Landes angeht, und es ist hier zu bemerken, dass sehr ausgedehnte Verwerfungen in sonst ungestörten Districten vorkommen, so ist ihr Vorkommen an der Oberfläche des Landes oft ein solches, dass es den Geologen an einen künstlich zusammengefügten Mosaikboden erinnert, welcher bis zu einer gegebenen Ebene herab abgerieben ist. Ein gutes Beispiel von einem solchen natürlichen Mosaik findet sich in Pembrokeshire, wo die Kohlenflötze von Nolton und Wood gleichsam in Verwerfungen im Norden, Osten und Süden eingelegt zu sein scheinen*). In Bezug auf die Ausgleichung von Ländern, die oft von sehr beträchtlichen Verwerfungen durchsetzt sind, liefern so viele Gegenden davon Beweise, dass es wahrscheinlich wenige Theile der Erdoberfläche giebt, selbst wenn sie kaum irgend welche Biegungen oder Krümmungen darbieten, welche nicht mehr oder weniger in irgend einer Form gerissen und zerbrochen sind. Wir haben gesehen, dass in der heutigen Zeit sehr häufig Spalten die Folgen von Erdbeben sind, und wir haben jeden Grund zur Annahme, dass solche in allen geologischen Zeiten vorgekommen sind. Mögen nun die Verwerfungsspalten von kleineren Lagerungsausgleichungen der Erdrinde herrühren und die Biegungen, Krümmungen und Zusammendrückungen von verschiedenen Ablagerungen als mehr beträchtliche Folgen dieser Lagerungsausgleichungen erscheinen, oder

---

*) Siehe die geologischen Karten von Grossbritannien, Tafel 40. Im Süden wirft eine beträchtliche Verwerfung die Kohlenflötze gegen untere silurische Gesteine, im Norden bringt sie eine andere in Berührung mit cambrischen Gesteinen, zu gleicher Zeit greifen sie über die eine und die andere Classe von Ablagerungen über, so dass es nöthig wird, eine klare Ansicht von der Grösse des Uebergreifens, sowie von der Art des Vorkommens zu haben, welche allein von den Verwerfungen abhängt, was in dem genannten Districte nicht schwierig ist. Der folgende Durchschnitt, Fig. 283, nördlich von Newgale Sands, *N*, zeigt die Art und Weise, auf

Fig. 283.



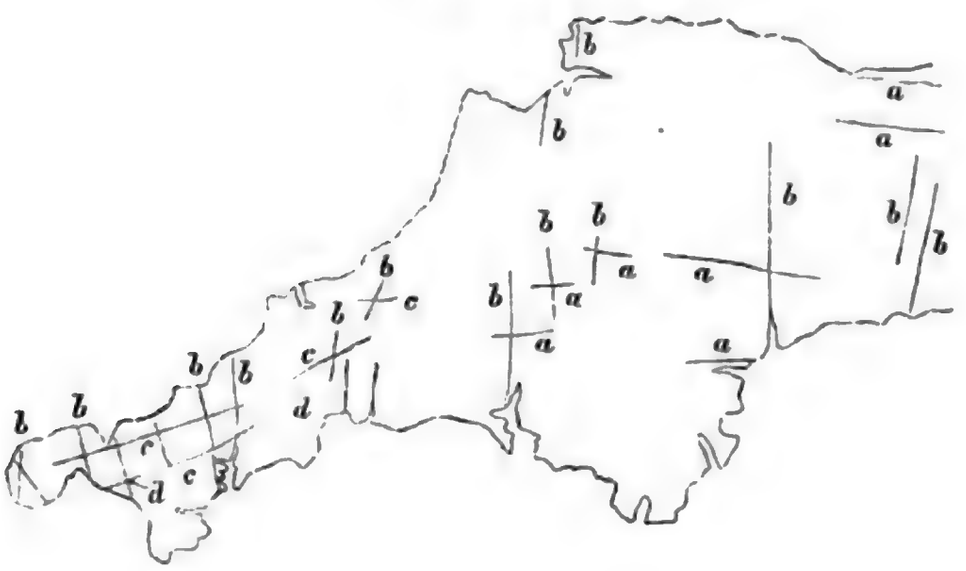
welche die Steinkohlenschichten *b b* durch die Verwerfungen *f h* in Berührung mit rothen und grauen Sandsteinen der cambrischen Reihe *a a* gebracht sind; *c* ist eine Gangausfüllung eruptiven Gesteins, welche die letzteren Schichten durchsetzt.

Digitized by Google

sammt den grösseren Faltungen und Biegungen von anderen Ursachen herrühren, so beweisen sie eine gerissene und dislocirte Beschaffenheit dieser Rinde, die der Geologe sorgfältig beachten muss, wenn er die beobachteten Thatsachen in ihrem Zusammenhang mit Ablagerungen und deren spätere Bewegung bis zu ihren Quellen verfolgt.

Zur Erläuterung der Art des Vorkommens von Spalten und Verwerfungen in Bergwerksdistricten, welche, wie oben bemerkt, gewöhnlich so gute Gelegenheit zum Studium darbieten, geben wir noch die folgenden Grundrisse. Der erste, Fig. 284, giebt eine allgemeine Ansicht

Fig. 284.



der Spalten in Cornwall, Devonshire und West-Somerset, die unter das Capitel der Erzgänge oder gewöhnlicher Spalten und Verwerfungen fallen. Im Osten durchsetzen Spalten, die beinahe von Norden nach Süden laufen, andere, die einer Richtung von Osten nach Westen folgen, während im Westen die Spalten gewöhnlich ungefähr von Nord-Nordwest nach Süd-Südost laufen und andere durchkreuzen, welche sich von West-Südwest nach Ost-Nordost oder von Ost-Südost nach West-Nordwest erstrecken. Man sieht, dass nach dem grossen Bergwerksdistricte von Cornwall hin die Linien *c c c* eine beinahe parallele Richtung mit der Richtung des Landes haben, und diese ist auch die Richtung der Granitmassen des Districtes. Andere wichtige Linien *d d d* sieht man an drei Orten, den Revieren von St. Austell, Marazion und St. Just. Die Spalten und Verwerfungen *c c c* und *d d d* enthalten die hauptsächlichsten Zinn- und Kupfererze des Districtes, während man in den Quergängen *b b b* gewöhnlich, obgleich gerade nicht immer, Blei- und Eisenerze findet. Die Zinn- und Kupfergänge *a a* bei Tavistock haben mehr eine Richtung von Osten nach Westen und die sie durchsetzenden Quergänge *b b* ein ziemlich ausgezeichnetes Streichen von Norden nach Süden. Die Linien *a a a* sowohl im Osten wie im Westen und *b b b* im Norden und im

Digitized by Google

Süden auf der Ostseite des Grundrisses fallen unter die gewöhnlichen Verwerfungen; eine indessen von den Ost- und Westlinien bei Exeter ist mit Parallelspalten verbunden, welche Mangan führen *).

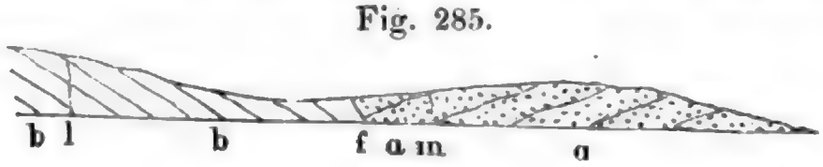
Was das geologische Alter dieser Spalten angeht, so sind diejenigen, welche eine Richtung von Osten nach Westen haben, im Westen *c c c* und *d d d* vor denen gebildet, welche sie mit einer Nord-Südrichtung durchsetzen, da die ersteren nicht nur von den letzteren verworfen, sondern auch ihr Inhalt von ihnen durchbrochen ist. Die Ost- und Westspalten *a a* bei Exeter im Westen von Dartmoor, wurden nach der Ablagerung und dem Festwerden des bunten Sandsteins dieses Districtes gebildet, da diese Formationsreihe von ihnen dislocirt worden ist. Spalten mit derselben Richtung bei Watchet in Somerset, *a a* im nordöstlichen Winkel des Grundrisses, wurden nach der Ablagerung und dem Festwerden des Lias gebildet. In wie weit diese letzteren gleichzeitig mit denen auf jeder Seite von Dartmoor sind, welche Zinn- und Kupfererze enthalten und dieselbe Richtung haben, ist nicht ganz klar, obgleich es der Fall sein kann. Sei dem wie ihm wolle, so haben Spalten von Norden nach Süden die Kreide nebst den früher gebildeten Ablagerungen der Juraformation bei Lyme Regis, Chard und Membury, *b b* im Südosten des Planes, durchsetzt. Wenn man diese letzteren in Verbindung betrachtet mit den Verwerfungen von Norden nach Süden in dem Districte der Mendipberge, die nicht weit nach Osten sich finden (Fig. 175), so sind Spalten in derselben allgemeinen Richtung, nämlich von Norden nach Süden, in zwei bestimmten Perioden in diesem Theile des südwestlichen Englands gebildet worden, die einen vor der Ablagerung des bunten Sandsteines und nach den Biegungen und Faltungen der Kohlenschichten, und die anderen nach der Ablagerung und dem Festwerden der Kreide. Der Bewegungen aus verschiedener Zeit in einer Ost- und Westrichtung ist bereits gedacht worden.

Der folgende Grundriss, Fig. 286, von einem Theil von Glamor-

---

*) Der folgende Durchschnitt (Fig. 285) erläutert diese Verwerfungen, von denen eine, *f*, zehn Meilen weit von Poltimore, im Osten bis nach Venny Tedborn, bei Posbury Hill im Westen verfolgt werden kann; eine untergeordnete

Fig. 285.

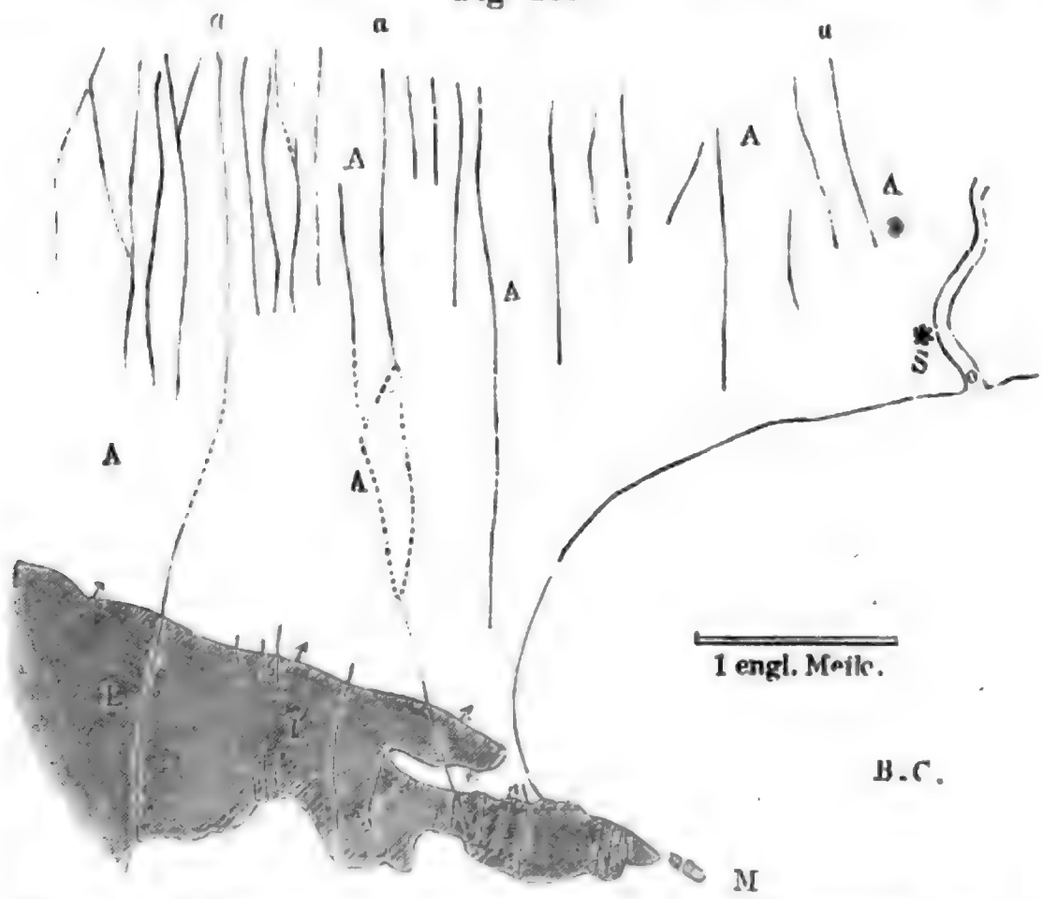


Verwerfung oder ein Seitenarm derselben Verwerfung, *m*, läuft parallel damit und hat eine ansehnliche Menge von Braunstein geliefert. *a a* sind Schichten der Buntsandsteinreihe dieses Districtes, die mit den Sandsteinen und Schieferthonen *b b* der Steinkohlenformation derselben Gegend in Berührung gebracht sind, in denen sich eine andere und offenbar parallele Spalte *l* bildet, welche Bleiglanz führt.

Digitized by Google

ganshire zeigt zahllose parallele Risse, welche den Bergkalk und die Kohlenschichten bei Swansea durchsetzen; die Gewinnung der Stein-

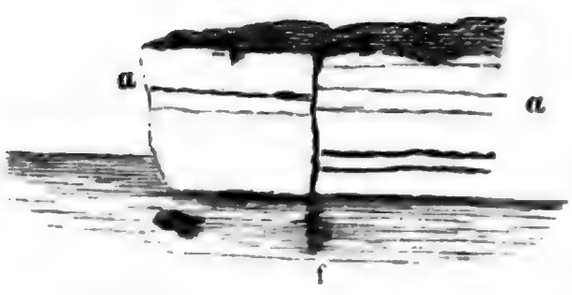
Fig. 286.



kohle liefert den Beweis von dem Dasein vieler Verwerfungen, die in einer Ablagerung von einer so gleichartigen Mineralbeschaffenheit wie der Bergkalk jener Localität nicht so leicht verfolgt werden können. In diesem Grundriss sind *a a a* die Verwerfungslinien, *A* die Kohlenflötze und *L* der Kohlenkalk, der unter ihnen hervorkommt, *S* ist Swansea und *B C* der Bristol-Canal. In diesem Falle bezeichnet nichts das relative Alter der Spalten, und wenn wir annehmen, dass sie gleichzeitig mit denen sind, die dieselbe Richtung auf der entgegengesetzten Seite des Bristol-Canals haben, so können sie aus jeder der genannten Zeiten herrühren. Es ist indessen nicht unwahrscheinlich, dass sie nach der Ablagerung des Lias gebildet wurden, da etwas weiter östlich nach Cardiff hin in demselben Districte parallele Spalten die verschiedenen Ablagerungen mit Einschluss des Lias verwerfen.

In Bezug auf die Art und Weise, wie Theile von zerrissenen Massen in verticalen Durchschnitten durch Verwerfungen in Berührung gebracht werden, erläutert die beistehende Fig. 287, ein einfaches Vorkommen dieser Art, wo der Grad des Unterschieds in dem relativen Niveau der dislocirten und früher zusammenhängenden Schichten gering

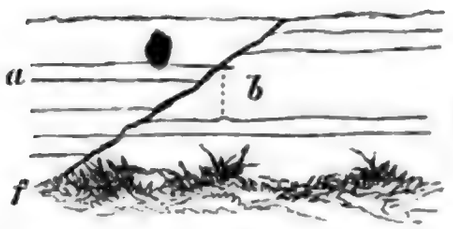
Fig. 287.



Digitized by Google

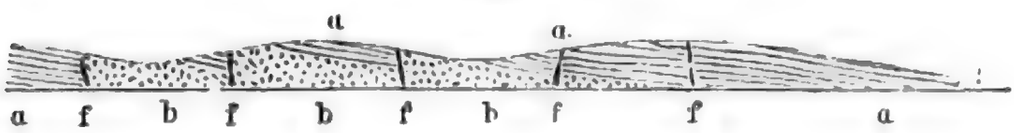
und die Spalte beinahe vertical war, und ein Theil der Schicht *a* auf der einen Seite der Verwerfung *f* von dem Theil *a'* auf der anderen getrennt ist. Verwerfungen kommen von jedem Neigungsgrade in Bezug auf den Horizont vor und laufen bisweilen schief, wie in Figur 288, so dass man nur den Grad der geologischen Dislocation, welcher durch eine Spalte bei *f* hervorgebracht wurde, die Entfernung *b*, die sich vertical von der Ebene derselben als horizontal angenommenen Schicht *a* auf der einen Seite und *c* auf der anderen ausbreitet, messen muss. In einigen Kohlendistricten verdoppeln sehr geneigte Verwerfungen die Kohle auf eine kurze Entfernung, wenn dislocirte Theile derselben Kohlenschicht auf einer Seite einer Verwerfung über einem Theil auf der andern bearbeitet worden sind, wie man sieht, wenn man in dem obigen Durchschnitt (Fig. 288) die Schicht *a c* als eine Kohlenschicht betrachtet.

Fig. 288.



In einigen Districten sind Verwerfungen in der Art vorgekommen, dass sich mehrere Theile eines Landes in einer Richtung gesenkt haben, und manche Gesteine an der Oberfläche länger erhalten bleiben, als sonst nach den verschiedenen Denudationen, denen sie ausgesetzt waren, der Fall gewesen wäre, indem sie dann weggeschwemmt worden wären. Der folgende Durchschnitt (Fig. 289) dient zur Erläuterung dieses Umstandes, sowie auch der senkrechten Richtung der früher erwähnten Verwerfungen bei Watchet, *a a* im nordöstlichen Winkel

Fig. 289.



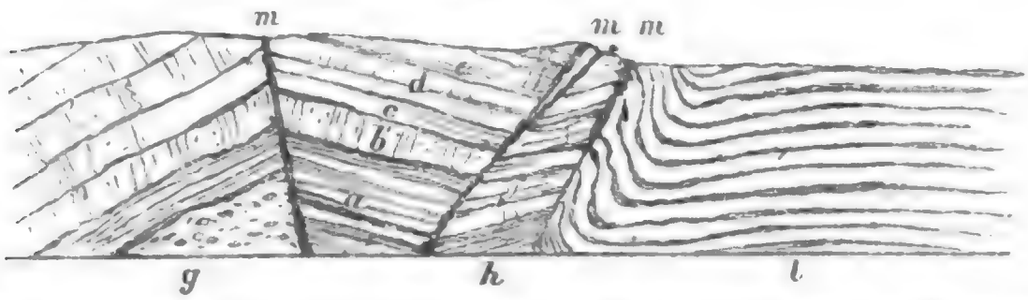
des Grundrisses. Die dislocirten Ablagerungen sind Lias *a* und rother Mergel und Sandstein *b*; und man sieht, dass Theile des Lias vor der Denudation geschützt wurden, indem sie durch fünf einander parallele Verwerfungsspalten *f f f f f* in fünf geschützte Lagen gesenkt wurden, welche sich auf einander in einer südlichen Richtung folgen. Auf diese Weise ist in einigen Kohlendistricten werthvolle Steinkohle vor einer Entfernung durch geologische Ursachen bewahrt worden, die sie sonst erlitten haben würde. Die Masse der auf diese Weise durch ein System von Verwerfungen erhaltenen Ablagerungen oder ihre Entfernung ist ein Gegenstand, dessen Erforschung bei Untersuchungen dieser Art von der grössten Wichtigkeit ist, da sie oft sehr beträchtlich sind.

Wie sich erwarten lässt, so zeigen Verwerfungslinien Complicationen und selbst Störungen im Kleinen, indem sie einen gewissen Grad von seitlichem Druck während der Lagenausgleichung ihrer Seiten

Digitized by Google

nach der Thätigkeit der die ursprüngliche Zerstörung hervorbringenden Kraft zeigen. Der folgende Durchschnitt, Fig. 290, von einer Verwerfung

Fig. 290.



an der Küste von Glamorganshire, westlich vom Lavernock-Vorgebirge, erläutert kleinere Complicationen von Brüchen und eine Beugung von einigen der betroffenen Schichten *mmm*, welches kleinere Theile derselben Dislocation sind, und welche erdigen dolomitischen Kalkstein und Mergel *a*, Varietäten von dolomitischem Kalkstein *bcdef*, Dolomitconglomerat *g* (alle zur Buntsandsteinreihe gehörig) und Lias *l* durchsetzt hat. Die Schichten bei *h* stimmen mit denen zur Linken überein. Während die Brüche bloss die früheren Ablagerungen zerrissen haben, haben sich die Ränder des Lias wie durch einen gewissen Grad von Seitendruck nach oben gewendet. Diese Aufwärtswendung eines Theils der betroffenen Schichten lässt vermuthen, dass es dort nach dem Bruche eine Senkung aus einer aufgerichteten Lage gegeben hat, welche die nöthige Reibung selbst für die Aufwärtswendung der Ränder der Schichten auf der unteren Seite einer Verwerfung verursachte, wie man bei *m* auf der rechten Seite des Durchschnittes sieht. Gewöhnlich findet man die relativ erniedrigte Seite an dem Rande einer geneigten Verwerfung erhoben, indem die nachfolgende Reibung das Ende des oberen Gesteins gleichförmig mit der Bewegung nach oben wendete.

Da ein verticaler Durchschnitt bloss die offenbare Bewegung der Theile von zerrissenen und verworfenen Gesteinen giebt, so ist es nöthig, dass der Beobachter nach Frictionsstrichen sucht, die den Druck der Gesteine auf einer Seite gegen die auf der anderen begleiten, damit er dasjenige entdeckt, in welchem die Bewegung wirklich stattgefunden hat. Durch diese Untersuchung findet er bisweilen, dass, wenn auch die allgemeine Ebene einer Verwerfung in einer gegebenen Richtung einfällt, die Bewegung nicht immer damit übereinstimmt. Manche von diesen Frictionsstrichen beweisen einen ungeheuren Druck, besonders in den Fällen, wo die Dislocation in ihrer Ebene sich auf mehrere tausend Fuss beläuft, und doch die so gegen einander bewegten und einst weit von einander entfernten Gesteine jetzt dicht zusammengedrängt sind. Der Inhalt der Dislocationen, und zwar sowohl der gewöhnlichen Verwerfungen, wie der Erzgänge, bietet oft schöne Eindrücke dieser Frictionsstreifen, indem Theile von den Wänden der Brüche, nachdem sie in ihrer Bewegung sich gegen einander gerieben

Digitized by Google

haben, endlich Höhlungen zurückliessen, in denen verschiedene Mineralsubstanzen angehäuft wurden, welche die Form der Oberflächen annahmen, auf denen ihre erste Ablagerung statthatte.

Ausfüllung von Spalten und anderen Höhlungen mit Mineralien.

Dieser Gegenstand kann bis zu einem gewissen Grade als ein Theil dessen betrachtet werden, der sich auf die oben erwähnten Veränderungen und Modificationen der Gesteine bezieht, da durch die Ausfüllung von kleineren Höhlungen und Spalten, wie sie in kleineren Theilen einer eruptiven oder wässerigen Ablagerung vorkommen, oder sie durchsetzen, eine bedeutende Veränderung oder Modification in den sie enthaltenden Gesteinen hervorgerufen werden kann. Die Ausfüllung von Höhlungen, wie die früher erwähnten, in blasiger Lava und geschmolzenen Massen aller geologischen Zeiten, die eine höchst poröse und oft ursprünglich leichte Substanz in ein sehr festes Gestein verwandeln, bewirkt eine merkwürdige Structurveränderung. Die Infiltrationen der Mineralsubstanzen in die Höhlungen werden in diesen Fällen wichtig für die Betrachtung derer, welche verschiedene Spalten und Dislocationen, sowie auch Höhlungen von viel bedeutenderer Grösse erfüllt haben, da sie auf eine Lösung mancher Substanzen, oder der sie zusammensetzenden Elementarsubstanzen, sowie auf die Möglichkeit eines Durchdringens solcher Lösungen durch die Poren von Gesteinen hinweisen, selbst solcher, die für sehr fest und dicht gehalten werden. Der Geognost studire z. B. gewisse Nieren des unreinen Sphärosiderits an manchen Orten in der Steinkohlenformation von Grossbritannien und auf dem Continent. Während bei vielen dieser Nieren die Risse, worin solche in der früher (Fig. 235) erwähnten Weise vorhanden sind, bloss reines kohlensaures Eisen enthalten, oder ganz leer sind, sind sie in anderen Fällen mit Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende, Schwefelnickel und Schwefelkies und bisweilen mit Mineralien von einer verschiedenen Classe erfüllt. In solchen Fällen herrscht kein Zweifel, dass die Bestandtheile dieser Substanzen durch Infiltration von Wasser in die Sprünge der Knollen von unreinem Eisenspath durch ihre äusseren Poren und durch diese und die Schichten der umliegenden Schieferthone gekommen sind. Man wird deshalb schliessen, dass diese Körper oder ihre Bestandtheile in einem löslichen Zustand waren, als sie in die durch die Sprünge in den Knollen gebildeten Höhlungen eintraten.

Wenn man die Mineralien untersucht, welche unter gewissen Verhältnissen organische Reste in verschiedenen Gesteinen ersetzt haben, so wird man auch ferner erwarten, dass das Material von diesen und anderen zusammengesetzten Substanzen als Lösung in die Höhlungen

Digitized by Google

eingeführt wurde, welche nach der Zersetzung und dem Verschwinden von Muschelschalen oder anderen organischen Körpern zurückgeblieben sind. Kupferkies ersetzt Spiriferenschalen in Doddington in Somersetshire, Bleiglanz füllt verschiedene von Muschelschalen zurückgebliebene Höhlungen in dem Lias bei Merthyr Mawr in Glamorganshire aus, und Schwerspath ersetzt Korallen in dem Bergkalk von Cromford in Derbyshire, eine interessante Thatsache, da sich daselbst auch eine beträchtliche Menge von Schwerspath in den Bleierzgängen und anderen Höhlungen findet. Schwefelkies nimmt häufig den Platz von Muschelschalen in vielen besonders thonigen Gesteinen ein und setzt sich selbst in fossilen Knochen, wie denen von Sauriern, in dem Lias und anderen Ablagerungen an. Kieselerde füllt oft die von Schalen zurückgelassenen Höhlungen aus und schöne Beispiele hiervon liefern die in Chalcedon verwandelten Muscheln der Grünsandreihe in Blackdown, Devonshire und Somersetshire. Selbst der kohlensaure Kalk von vielen versteinerten Muscheln ist nicht immer derselbe, wie der des Originals, sondern ist in Höhlungen einfiltrirt, die nach dem Verschwinden der wirklichen Schale zurückblieben, indem die Theilchen des kohlensauren Kalkes nicht in der Weise gelagert sind, wie sie sich gewöhnlich bei Muscheln derselben Classe in lebenden Thieren finden. Ebenso hat man in den Feldspathkrystallen, die in der Masse eines Gesteines zersetzt und wobei die ursprüngliche Substanz der Krystalle entfernt und durch Zinnstein ersetzt wurde, und selbst ein Theil des ursprünglichen Feldspathkrystalls bisweilen übrig blieb, während der Rest der Form durch Zinnstein ersetzt wurde, wie in einem Elvangang in St. Agnes in Cornwall, ein weiteres Beispiel von dem Eindringen von gelöster Mineralmasse in Höhlungen und durch die Poren des Gesteins, in welchen solche Höhlungen liegen. Im Allgemeinen betrachtet, füllen sich überhaupt die verschiedenen Höhlungen in den die Erdrinde zusammensetzenden Gesteinen leicht mit Mineralmasse, deren Bestandtheile in Lösungen in dieselbe gelangen.

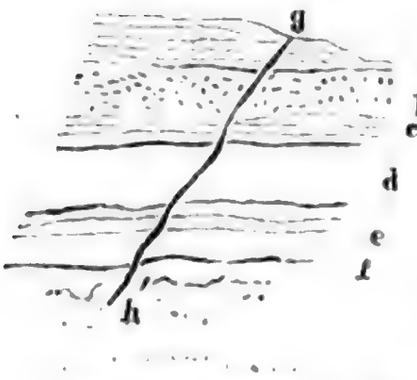
Geht man von diesen Höhlungen zu solchen über, die durch kleinere Spalten hervorgebracht wurden und auf eine, zwei oder mehrere Schichten von Sedimentär-Ablagerungen, oder irgend eine sehr geringe Masse von eruptiver Bildung beschränkt sind, so lässt sich erwarten, dass im Allgemeinen die in diese Spalten einfiltrirte Masse dem mineralogischen Charakter der gerissenen Gesteine entspricht, so dass die Spalten in Kalksteinen mit Kalkspath, die in kieseligen Gesteinen mit Quarz erfüllt sind, was auch gewöhnlich der Fall ist. In Folge bestimmter Verhältnisse indessen finden sich bisweilen Quarzgänge in Kalksteinen und Kalkspath in kieseligen Gesteinen. Dieses findet gewöhnlich Statt, wenn die Kalksteinschichten einen sehr untergeordneten Theil einer Sandstein- oder Thonablagerung, die hauptsächlich aus Silicaten besteht, bilden, oder wenn Kalkablagerungen in denen von anderer Art

Digitized by Google

vorherrschen, wie es z. B. bei den eruptiven Gesteinen von Derbyshire der Fall ist, wo die Blasen und kleinen Gänge der letzteren oft mit Kalkspath erfüllt sind.

Gehen wir auf die Ausfüllung von Höhlungen und Spalten von grösseren Dimensionen über und solche, die man auf beträchtliche Entfernungen verfolgen kann und deren Tiefen unbekannt sind, so müssen wir nicht nur die Incrustationen der Seiten solcher Spalten durch die Substanzen ins Auge fassen, welche auf ihrem Wege durch die Poren oder kleinen Gesteinsspalten leicht sich darbietende Höhlungen ausfüllen oder incrustiren, auf welche Weise dieselben auch gebildet sind, sondern wir müssen auch solche Substanzen und die Art ihrer Wirkung auf einander betrachten, welche aus verschiedenen Entfernungen und Quellen hergeleitet sein können. Blickt man auf eine beträchtliche Spalte in ihrer einfachen Form, die ziemlich vertical verschiedene Schichten von ungleichen Gesteinen durchsetzt, wie in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 291, *a* bis *f*, von denen jede eine verschiedene oder verschiedentlich verbundene Masse in Lösung darbietet, und beschränkt man seine Aufmerksamkeit zuerst auf Lösungen, so hat man ein complicirteres Problem vor sich, als die blosse Infiltration von Mineralmasse durch die Poren der Gesteine in kleine Höhlen und Spalten. Der Geognost muss nicht allein die wahrscheinlichen Combinationen und Zersetzungen beachten, die durch eine Mischung von Substanzen hervorgebracht wurden, welche in die Spalten eintraten, sondern auch die Bewegungen der Flüssigkeit in ihnen nach den Temperaturverhältnissen. Die Spalte kann entweder eine solche sein, durch welche Gewässer an die Oberfläche steigen und über sie fliessen, und die auf diese Weise Gelegenheit zur Entleerung von grossen Wassermassen giebt, welche gelöste Mineralstoffe von verschiedener Menge und Art enthalten, oder die Flüssigkeit kann bloss zu einer solchen Höhe in der Spalte steigen, dass sie auf dieselbe und auf das benachbarte Gestein beschränkt bleibt, in dessen Poren und Zwischenräume sie auch eintreten kann. Ebenso muss die Löslichkeit oder Ablagerung von Masse je nach der Temperatur ins Auge gefasst werden, wodurch ein Theil davon gelöst blieb, während andere Theile abgelagert wurden und die Wände der Spalten überkleideten.

Fig. 291.



Der Geognost muss dergestalt die Wahrscheinlichkeit betrachten, dass manche Spalten sich bis in eine Tiefe erstrecken, wo die Temperatur sehr hoch sein kann, selbst bis zu solchen Tiefen, wo Wasser ungeachtet des grossen Druckes in Dampf verwandelt und zahllose Substanzen verdampft werden können. Es ist nicht zu leugnen, dass unsere Kenntnisse der Wirkungen unter solchen Umständen noch viele

Digitized by Google

Bereicherung zulassen. Wir dürfen erwarten, dass Wasser unter einem Druck als solches bis zu sehr hohen Temperaturen existirt, und dass seine Kraft, verschiedene Substanzen in diesem Zustande zu lösen, so vermehrt wird, dass viele, die als unlöslich bei solchen Temperaturen, bei welchen Versuche gemacht wurden, betrachtet werden, leicht löslich werden.

Die von Gustav Bischoff über diesen Gegenstand vorgenommenen Versuche sind sehr wichtig. Ueberzeugt von der Wichtigkeit der Thätigkeit des Dampfes in vulkanischen Producten und unter Berücksichtigung des Zusammenhangs einer solchen Thätigkeit und vieler in Gängen gefundenen Substanzen, fand er, dass wenn Bleiglanz in einer Porzellan- oder Glasröhre leicht erhitzt und Wasserdampf darüber geleitet wurde, Schwefelwasserstoff und schweflige Säure frei und das Erz reducirt wurde und dass, wenn das so erhaltene Blei mit destillirtem Wasser benetzt wurde, dasselbe sich mit kohlensaurem Blei bedeckte. Er erwähnt, dass manche Substanzen, die wir nicht als verdampfbar bei irgend einer Temperatur kennen, durch Dampf fortgeführt werden, wie z. B. Kieselerde. Künstliches Schwefelsilber wurde leicht durch Dampf zersetzt und am leichtesten bei einer mässigen Hitze. Bei einer Temperatur unter dem Schmelzpunkte des Zinks fand dies bald Statt, und das Silber efflorescirte in solchen Formen, dass Bischoff glaubt, das moosähnliche und fadenförmige gediegene Silber in Gängen sei wahrscheinlich das Resultat der Zersetzung der Schwefelverbindung. Bezüglich des gewöhnlich als unlöslich betrachteten schwefelsauren Baryts, der so häufig in den Gängen mancher Districte vorkommt, und zwar auf eine Weise, die wenig Zweifel übrig lässt, dass er aus einer Lösung abgesetzt wurde, fand er durch den Versuch, dass wenn erhitztes Wasser, welches kohlensaures Natron oder Kali enthält, damit in Berührung kommt, selbst wenn die Temperatur nicht sehr hoch war und das Wasser nur eine geringe Menge von Substanzen enthielt, eine theilweise Zersetzung stattfand, und dass, wenn die Temperatur wieder erniedrigt wurde, sich wieder Schwerspath bildete und die Kohlensäure, mit der der Baryt früher vereinigt war, an das Natron oder das Kali überging. Auf diese Weise kann, nach Bischoff, Baryt von der Schwefelsäure in dem unteren Theil eines Ganges getrennt werden, wo die nöthige Hitze in Wasser enthalten ist, das die Carbonate des Natrons oder des Kalis enthält, und an einen kühleren Theil des Ganges bewegt und dort von Neuem mit Schwefelsäure vereinigt wieder abgelagert werden. Solche Zersetzungen und Neubildungen sind offenbar zur Erklärung des oft sehr complicirten Inhalts der Gänge von grosser Wichtigkeit.

Wenn wir wissen, dass gewisse Spalten in der Erdoberfläche aus Dislocationen entstehen, die so gross sind, dass zusammenhängende Gesteinsschichten selbst mehrere tausend Fuss weit von einander in der

Digitized by Google

Ebene der Spalten und vertical auf die Schichtung verworfen werden, so muss die Tiefe, bis zu welcher manche von diesen Spalten sich erstrecken, so beträchtlich gewesen sein, dass Verhältnisse von einer wichtigen Art in Bezug auf die Erhitzung des Wassers in ihnen und die Löslichkeit verschiedener Substanzen stattfanden, auf die das Wasser bei einer mässigen Temperatur nicht leicht wirkt, und dass Bestandtheile der verworfenen Gesteine selbst in Lösung kamen.

Die Versuche von Forchhammer haben gezeigt, dass zwar Kalifeldspath, der so häufig in den Graniten und Felsitporphyren ist, unter dem gewöhnlichen Atmosphärendruck der Wirkung von kochendem Wasser ausgesetzt werden kann, ohne dass dieses Kali auszieht, dass aber bei einer beträchtlichen Steigerung des Druckes und einer Vermehrung der Temperatur diese Substanz in Lösung erhalten wird.

Was Spalten betrifft, und eine Hitze in ihrer grösseren Tiefe, welche beträchtlich genug ist, Wasser selbst unter grossem Drucke in Dampf zu verwandeln, so kann man sich vorstellen, dass nach der Bildung dieser Spalten, viele durch die Poren oder zwischen den Schichten und Klüften der zerbrochenen Gesteine sickernde Lösungen sich in denselben abzulagern bestreben. Wo sie mit Wasser in den Spalten und verschiedenen Lösungen in ihm in Berührung kommen, da werden sie sich mit ihnen mischen und denselben Bewegungen nach dem Unterschiede der Temperatur folgen, und nach den Umständen auf dieselbe wirken, oder eine Einwirkung von ihnen erleiden. Wo die Spalte nur von erhitzten Dämpfen erfüllt war, konnten Einsickerungen in dieselbe bei diesen Tiefen ebenfalls verdampft werden, und wenn dadurch Massen in ihnen unlöslich wurden, so konnten sie zur Incrustation der Seitenwände zurückbleiben, auf dieselbe Weise, wie stalaktitische Incrustationen von kohlensaurem Kalke die Wände von Höhlen und Spalten bedecken, wenn das Wasser verdampft und die Kohlensäure, welche den kohlensauren Kalk löslich macht, entfernt wird.

Hat der Geologe die Spalten mit Rücksicht auf das Wasser betrachtet, welches in den Gesteinen vertheilt ist und in dieselben gelangt, was stattfinden wird, wenn sie sich an die Oberfläche von festem Land erheben, oder sich nach aussen bloss an Orten öffneten, wo sie keine beträchtlichen auflagernden Wassermassen erreichten, so muss er seine Aufmerksamkeit auf die Verhältnisse richten, welche eine Oeffnung dieser Spalten am Boden des Meeres begleiten, eine Oeffnung, die entweder vollständig ist, oder der Art, dass das Meerwasser leicht in die Spalten strömt, welche theils durch Festland und theils unter dem Meere gebildet sind. Während bei der jetzigen Vertheilung von Land und Meer auf der Oberfläche der Erde viele lange und wichtige Spalten unter die zuerst erwähnten Verhältnisse kommen werden, so wird ein grosser Theil unter den zuletzt genannten Verhältnissen unter dem Meere vorkommen. Wenn *a b* in dem folgenden Durchschnitt,

Digitized by Google

Fig. 292.

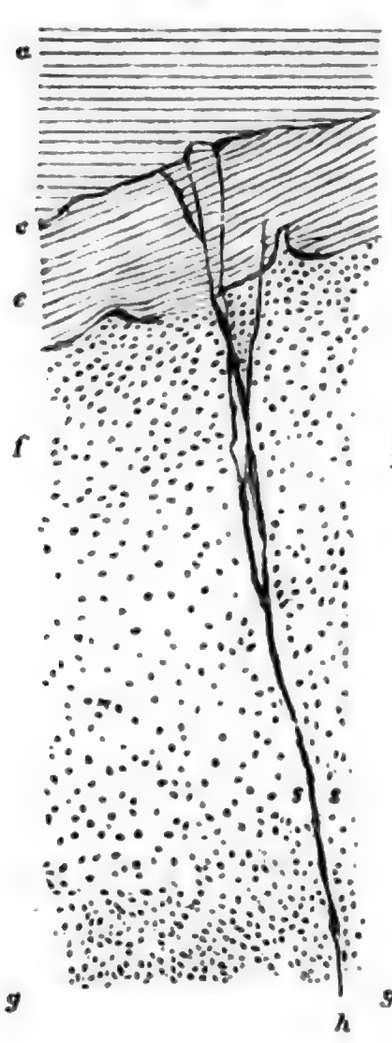


Fig. 292, das Niveau des Meeres ist; *ac* und *bd* die Tiefe des Wassers; *ee* Gestein, wie thonige Schiefer, die auf dem Granit *ff* ruhen oder durch ihn erhoben sind, und *h* eine Spalte, die das Ganze durchsetzt und sich bis an das Meerwasser nach oben öffnet, so wird das letztere in die Spalte an ihrer Verlängerung an dem Meeresboden fliessen und so weit herabsteigen, als es die Temperatur in der Spalte zulässt. Es kann beispielsweise angenommen werden, dass, welches auch die Wirkungen der ersten Communication zwischen beträchtlichen Tiefen und der Oberfläche des Meeresbodens waren, eine Zeit kommen musste, wo das Meerwasser in die Spalte eintreten konnte, wenn nicht ein Ausfluss von Wasser, welches aus den Gesteinen in die Spalte trat, es verhinderte. An gewissen Orten können hemmende Verhältnisse dieser Art existiren, indem die Spalten dem Zwecke von artesischen Brunnen für grosse Landstrecken entsprechen. Sind die Verhältnisse indessen solche, dass sie den Eintritt des Meerwassers zulassen und dass dieses in einiger Tiefe, wie *ss*, in Dampf verwandelt wird, ungeachtet des Druckes, welcher sich dort findet, so werden die Salzlösungen, namentlich Chlornatrium, der Wirkung der bei *ss* vorhandenen Temperatur ausgesetzt sein, und ebenso der aus *h* aufsteigenden Dämpfe, wo eine noch höhere Temperatur herrscht. Die Bildung von flüssigen Chlorverbindungen, wie die von Kupfer und anderen, konnte deshalb bis zu einem beträchtlichen Grade stattfinden, und diese ihrerseits in andere Verbindungen in höheren Theilen der Spalten umgewandelt werden.

Wenn man annimmt, dass die Spalten von einer so bedeutenden Tiefe sind, dass sie sich in eine solche hohe Temperatur erstrecken, so wird man sich natürlich zu denjenigen wenden, die während Erdbeben gebildet wurden und erhitzte Gase ausströmen lassen, mögen die Erdbeben nun jetzt vulkanisch thätige Länder betreffen oder keine unmittelbare Verbindung mit Vulkanen zeigen, und wird die Formationen beobachten, welche aus den vulkanischen Mündungen selbst stattfinden, da sich an solchen Verbindungsstellen zwischen dem Inneren und dem Aeusseren der Erde zeigt, welche Substanzen durch die Hitze verdampft und nach aussen entleert werden. Auch wird man den Inhalt der Thermal- oder Mineralquellen nicht ausser Acht lassen, da

Digitized by Google

viele von diesen bloss Condensationen der Dämpfe und Gase in den Spalten sind, wenn die Temperatur hinreichend erniedrigt ist. In Bezug auf die so von Vulkanen entleerten und in Mineralquellen vorkommenden Dämpfe und Gase hat Elie de Beaumont nachgewiesen, dass 19 Elemente zugleich in ihnen und in den Erzgängen vorkommen, nämlich Kalium, Natrium, Calcium, Aluminium, Mangan, Eisen, Kobalt, Blei, Kupfer, Wasserstoff, Silicium, Kohlenstoff, Bor, Arsenik, Stickstoff, Selen, Schwefel, Sauerstoff und Chlor. Die in Mineralwasser und Gängen vorkommenden Elemente, die man bis jetzt nicht in vulkanischen Emanationen gefunden hat, sind Lithium, Barium, Strontium, Magnesium, Phosphor, Jod, Brom und Fluor *).

Wenn der Beobachter seine Aufmerksamkeit auf die Folgen richtet, welche durch die Bildung von Spalten entstehen könnten, die sich in eine Erdtiefe erstrecken, wo, entweder in Folge der vorausgesetzten hohen Temperatur in beträchtlichen Tiefen unseres Planeten selbst, oder gewisser Bedingungen für eine grössere Hitze in Theilen von ihnen, wie z. B. die Quelle der Wärme in vulkanischen Gegenden, wenn diese von der früheren etwa unabhängig ist, so muss er nicht vergessen, dass über die Substanzen, welche das Innere der Erde, jenseits der geringen, für uns durch die Mächtigkeit verschiedener Gesteinsablagerungen erschlossenen Tiefe einnehmen, nichts bekannt ist, ausgenommen, dass ihre Dichtigkeit im Ganzen grös-

---

*) *Note sur les émanations Volcaniques et Metallifères* (*Bulletin de la Soc. géol. de France* [2] IV. p. 1249, 1847). Unter den verschiedenen Hypothesen, die über die Bildungsweise der Erzgänge aufgestellt wurden, erklärt diejenige, welche die gewöhnlichen Erzgänge Emationen in der Gestalt von Dämpfen und Mineralmassen zuschreibt, die verschiedenen Thatsachen, die man bei denselben wahrnimmt, besonders die Entwicklung der chemischen Verwandtschaften, die, wie man seit Langem weiss, die Art, in welcher die Metalle vergesellschaftet sind, influenciren. Substanzen, welche gewöhnlich vergesellschaftet sind, haben viel Gemeinsames mit einander und durchaus analoge Eigenschaften. Nickel und Kobalt, die so oft mit einander vorkommen, gleichen sich auch in ihren Eigenschaften, und dasselbe ist der Fall mit Eisen und Mangan. Antimon und Arsenik, die analoge Eigenschaften haben, kommen auf ähnliche Weise vor und sind häufig vergesellschaftet. Silber und Blei haben viel Gemeinsames und finden sich sehr häufig in Gängen verbunden. Silber findet sich selten ohne Blei, ausgenommen, wenn das Silber gediegen oder als eine Chlorverbindung vorkommt, zwei Verbindungen, die am meisten sich von den entsprechenden des Bleis unterscheiden. Noch seltener findet sich Blei, welches nicht silberhaltig wäre, indem das verbreitetste Bleierz der Bleiglanz ist, der sehr analoge Eigenschaften mit dem Schwefelsilber hat. Blei und Zink, deren Schwefelverbindungen analoge Eigenschaften besitzen, finden sich vergesellschaftet in der Form des Bleiglanzes und der Blende, und dieselben Thatsachen wiederholen sich in der grossen Familie der Metalle, die man in den Zinnerzgängen findet, wie Wolfram, Tantal u. s. w.

Digitized by Google

ser sein muss, als die der Gesteine an der Oberfläche, da, nach Laplace, die mittlere Dichtigkeit der Erde sich zu der ihrer festen Oberfläche wie 1,55 zu 1 verhält. Die Masse der Substanzen, welche die feste Oberfläche der Erde bilden, sind Oxyde, diejenigen, welche nicht diesen Charakter haben, sind sehr beschränkt, und es ist von nicht geringem Interesse, die letzteren grösstentheils in den Spalten oder so abgelagert zu finden, dass sie leicht in die Höhlungen der Ablagerungen nach ihrer Bildung eintreten und dort andere Verbindungen als die Oxyde bilden konnten, in Folge von Verhältnissen, die in diesen Ablagerungen herrschten, oder dass sie in den von unten aufgestiegenen feuergebildeten Gesteinen eingeschlossen sind. Was das häufige Vorkommen von gewissen Metallen mit Schwefel, Arsenik und anderen Substanzen angeht, die man, in Bezug auf ihr Vorkommen in Gängen, mineralisirende Substanzen genannt hat, so sind ihre häufigen Verbindungen mit diesen unter Verhältnissen, wie sie wohl oft ihre ursprünglichen Ablagerungen in Erzgängen beherrscht haben, wobei secundäre Wirkungen spätere Modificationen und Veränderungen bewirkt haben, von grossem Interesse. Elie de Beaumont bemerkt bei seiner Erwähnung der ursprünglichen Verflüchtigung der in Gängen gefundenen Metallsubstanzen, dass diese Hypothese mit der Thatsache übereinkommt, dass die eigentlichen Metalle sich in ihnen viel seltener mit Sauerstoff verbunden finden, als mit Schwefel, Selen, Arsenik, Phosphor, Antimon, Tellur, Chlor, Jod und Brom. „Diese Substanzen," bemerkt er, „sind nicht nur im Allgemeinen flüchtig, sondern sie haben auch die Eigenschaft, viele von denen, mit welchen sie sich verbinden, ebenfalls flüchtig zu machen. Es ist schwer zu glauben, dass diese Eigenschaft bei der Erfüllung der Gänge nicht eine Rolle gespielt hat. Diese Körper finden sich in vulkanischen Emanationen und in Thermalquellen, und ihre Gegenwart in Gängen trägt dazu bei, die Beziehungen zu bestätigen, die zwischen diesen Gängen, den vulkanischen Emanationen und Mineralwässern bestehen." Wir müssen erwarten, dass sich in dem Inhalt der Spalten oder in Höhlungen, die mit ihnen in Verbindung stehen, oder verbreitet in solchen Theilen der Gesteine, die für die Einführung von Mineralmassen aus ihnen zugänglich waren, viele anderswo nicht gewöhnliche Substanzen und oft unter Gestalten und Combinationen von einer eigenthümlichen Art, sowie solche, mit welchen wir vertraut sind, finden, und welche mehr oder weniger Bestandtheile der Gesteine im Allgemeinen bilden, obgleich auch diese bisweilen unter neuen Combinationen vorkommen. Auch werden sich zahlreiche zusammengesetzte Substanzen finden, die man auf die Reaction von gewissen früheren Verbindungen und einer neuen Lagerung der Bestandtheile nach den herrschenden Bedingungen der Zeit beziehen kann.

In Bezug auf langsame secundäre elektrische Thätigkeit durch

Digitized by Google

schwache Ströme hat Becquerel schon vor vielen Jahren (1835) gezeigt, dass verschiedene Verbindungen hervorgebracht werden, die sich nicht bei gewöhnlichen experimentellen Untersuchungen bilden, indem die Stoffe sich in *statu nascenti* begegnen, der der Bildung solcher Producte sehr günstig ist*). Er bemerkte, dass Substanzen, die gewöhnlich als unlöslich betrachtet werden, krystallisirten, indem die elektrische Thätigkeit und ebenso die chemische Thätigkeit langsam waren, so dass die Bestandtheile Zeit hatten, sich nach den Krystallisationsgesetzen zu lagern, ein Vortheil, der nicht stattfindet, wenn die chemischen Kräfte eine grössere Intensität haben. Becquerel producirte viele Mineralien vermittelst dieser secundären Thätigkeiten, wie z. B. Rothkupfererz und Zinkoxyd, die Schwefelverbindungen von Silber, Kupfer, Zinn, Blei, Eisen u. s. w. Die Thätigkeit der Körper auf einander, wie sie sich bei den Versuchen von Becquerel ergaben, so dass sie nach der Bildung und selbst Krystallisation einiger Substanzen wieder durch die neue zwischen ihnen entstehende Thätigkeit zersetzt wurden, scheint einen wichtigen Einfluss auf die Ausfüllung und die Modificationen des Inhalts der Spalten und Höhlungen gehabt zu haben. Er schloss aus seinen Untersuchungen, dass, um eine unlösliche krystallinische Substanz durch elektro-chemische Reactionen zu erhalten, es hinreiche, sie mit einer anderen zu verbinden, die löslich ist und nachher vermittelst sehr langsamer Zersetzung zu operiren.

Im Jahre 1830 begann R. Fox eine Reihe von Versuchen in den Minen von Cornwall, um die elektro-magnetischen Eigenschaften der Erzgänge jenes Districtes aufzuklären**). Im Jahre 1837 behandelte er ausführlicher den Zusammenhang der Elektricität und der Erzgänge, hauptsächlich mit Berücksichtigung der Gänge in Cornwall***), und bemerkt, bezüglich der jetzigen Beschaffenheit der Erzgänge, dass er durch eine Untersuchung des aus verschiedenen Bergwerken und aus verschiedenen Theilen desselben Bergwerkes entnommenen Wassers fand, dass verschiedene salinische Lösungen jetzt in den benachbarten Gesteinen existiren. In manchen Fällen war die Menge fremder Bestandtheile in dem Wasser sehr klein, in anderen aber sehr beträchtlich; und er fügt hinzu, dass er kein Wasser aus Gruben untersucht habe, welches nicht eine sehr entschieden elektrische Thätigkeit hervorrief, wenn Schwefelkies oder Kupferkies in sie getaucht und der Volta'sche Strom geschlossen wurde. Die ausgezeichnete Leitungsfähigkeit des salinischen Wassers in den Spalten im Verhältniss zu den bloss befeuchteten Gesteinen hatte immer das Bestreben,

---

*) *Traité Expérimental de l'Electricité et du Magnetisme*, *Paris* 1835.

**) *Philosophical Transactions*, 1830.

***) „*Observations on Mineral Veins;*“ *Report of the Royal Polytechnic Society of Cornwall for* 1836, *Falmouth*, 1837.

Digitized by Google

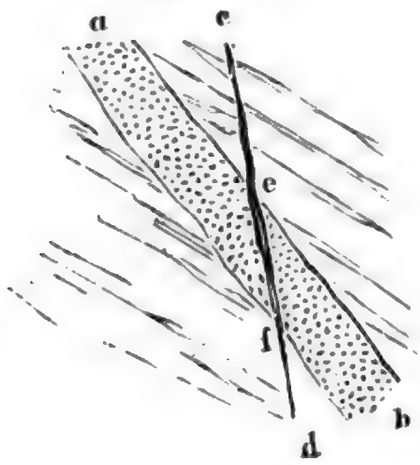
mehr oder weniger den Uebergang der Elektricität durch die letztere aufzuheben. Die Berührung grosser Oberflächen von Gestein, Thon u. s. w. mit Wasser, welches in seinem salinischen Inhalt von ihnen abweicht, muss ebenfalls eine wirksame Ursache für die Erregung von Elektricität sein, und man darf nicht vergessen, dass die Circulation des Wassers sehr häufigen Veränderungen in der Geschwindigkeit unterworfen sein muss, in Folge der Verstopfung in den Spalten oder ihrer gelegentlichen Vergrösserung, so dass der Inhalt wie auch die Temperatur des Wassers vielfache Veränderungen erleiden müssen.

Der Inhalt von Spalten und Höhlungen in Gesteinen wird nicht lange die Aufmerksamkeit des Geognosten beschäftigt haben, ehe er findet, dass in den Districten, wo die Erze nützlicher Metalle gewonnen werden, häufig ein merkwürdiges Zusammenvorkommen von ungleichen Gesteinen stattfindet, indem eines oder das andere von letzteren oft von feurigem Ursprunge ist. Dies Verhältniss ist indessen keineswegs constant, obgleich es die Aufmerksamkeit von Bergleuten schon lange beschäftigt hat und ihm in manchen Bergdistricten ein bedeutender praktischer Werth beigelegt wurde. In denselben Ländern hat auch eine lange Erfahrung den Bergmann gelehrt, dass die von ihm gesuchten Erze sich leichter in der Nähe oder innerhalb gewisser Gesteine als in anderen finden, obgleich die Spalten, in welchen sie vorkommen, Gesteine sehr verschiedener Art durchsetzen. Es ist sehr wünschenswerth, dass der Geognost alle Thatsachen dieser Art sammelt, wie unbestimmt auch die gewöhnlichen Angaben lauten und wie nöthig ihre gehörige Feststellung durch eigene Untersuchung ist. An der Berührung gewisser Granite mit anderen und zwar grösstentheils sedimentären Gesteinen und besonders dort, wo eine Modification oder Veränderung der letzteren durch das Eindringen des Granits stattgefunden hat, enthalten die dieselben durchsetzenden Spalten oft nützliche Erze in hinreichender Menge, vorausgesetzt, dass die Districte im Allgemeinen erzführend sind. Mit anderen Worten: solche Verhältnisse sind in einem erzführenden Districte nicht selten diejenigen, bei welchen die Erze am reichlichsten vorkommen. In den Grubendistricten von Cornwall und Devonshire produciren die Spalten durch die Berührungsflächen oder die Nachbarschaft der Berührungsflächen zwischen dem Granit und den Schiefergesteinen eine grosse Menge Erz und zwar nicht selten am meisten, wenn sie auch die unter dem Namen der Elvangänge bekannten Porphyre und Granitgesteine durchsetzen. Die unregelmässigen, stockförmigen Erzanhäufungen finden sich oft an der Verbindung des Granits und den Schiefergesteinen. Zur Erläuterung des Vorkommens ähnlicher Ablagerungen von Zinn oder Kupfererzen in demselben Bergrevier, wenn eine Spalte, welche schieferige und porphyrartige Gänge durchsetzt, durch die letzteren hindurchgeht, dient

Digitized by Google

der folgende Durchschnitt, Fig. 293, durch einen Gang an der Wheal Alfred bei Gwinear. Der Elvangang *ab* ist ungefähr dreihundert Fuss mächtig, streicht ungefähr nordöstlich und fällt in einem Winkel von 45° nach Norden. Der Gang *cd*, der in einem Winkel von 72° nach Norden fällt, durchsetzt den Elvangang *ab* bei *ef*. Während die Spalte den oberen und benachbarten Schiefer im Norden durchsetzte, erhielt man keine grosse Menge Erz, aber als man in den Elvangang kam, wurde es reicher, und während man durch dieses Gestein durchging, wurde das Erz so reichlich, dass es einen beträchtlichen Nutzen abwarf. Als man den Elvangang bei *f* verliess und in den untenliegenden Schiefern nach Süden zu kam, wurde der Erzgang arm, und zuletzt war man genöthigt, das Bergwerk wegen Mangels an Erz zu verlassen, da seine Menge die Kosten der Gewinnung nicht verlohnte.

Fig. 293.

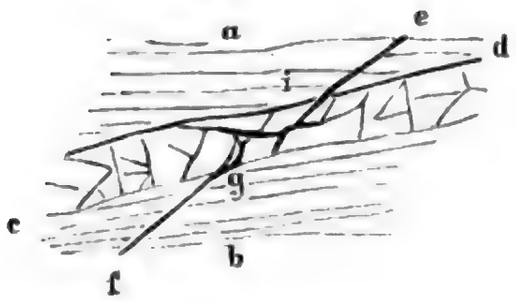


Das Zusammenvorkommen von Zinn und Kupfererzen in Spalten, wo diese die Elvangänge durchsetzen, ist den Cornwaller Bergleuten wohl bekannt und man kann seine Wichtigkeit in Bezug auf die reichliche Ausbeute der Erzgänge in jenem Lande an vielen Orten studiren. Ein Beobachter hört bisweilen, dass ein Erzgang sich nach seinem Eintritt in einen Elvangang theilt, und dass er dort ärmer wird. Wenn man indessen die Thatsachen genau untersucht, so ist auch in solchen Fällen das Erz noch reichlich, selbst gewöhnlich reichlicher zugegen, obgleich es so in Schnüren getheilt ist, die sich in den zerbrochenen und sehr getrennten Theilen des Elvanganges verzweigen, dass es nicht mehr so viel Ausbeute gewährt, wie früher. Wenn Elvangänge in Glieder getheilt wurden, wie es so oft vor der Bildung der sie und die benachbarten Gesteine durchsetzenden Spalte stattgefunden zu haben scheint, so ist es wahrscheinlich, dass, wenn sie durch dieselben von den benachbarten und weniger getheilten Steinen durchgeht, dieselben die Wege sind, durch welche die die allgemeine Spalte hervorbringende Kraft wirkte und die allgemeine Zerreissung in dem Elvangang vermehrte, so dass, wenn der Gang später durch Erzmittel erfüllt wurde, derselbe sich in Stränge zu theilen scheint, wo der Elvangang vorkommt. Wenn, wie in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 294, ein District, der aus Schiefer *ab* besteht, von einem Elvangang *cd* durchsetzt wird, der eine gegliederte Structur hat, und ein Riss *ef* durch das Ganze hindurchgeht, so lässt sich erwarten, dass, wo die Spalte durch den zerklüfteten Elvangang geht, die in dem letzteren durch die

Digitized by Google

Absonderungsflächen gebildeten Körper sehr dislocirt werden, so dass, wenn der complicirte Riss später mit Erz erfüllt wurde, der Gang dann sich bei *i g* in verschiedene Trümmer theilt.

Fig. 294.



Die mineralogische Beschaffenheit der verschiedenen Gesteine in Erzdistricten ist ebenfalls für den Bergmann ein wichtiger Umstand, da er aus Erfahrung weiss, dass, wenn sie gewisse Charaktere darbieten, seine Aussicht auf Erfolg in Bezug auf das Vorkommen der von ihm gesuchten Erze sich beträchtlich vermehrt. So zieht er in Cornwall oder in Devonshire einen Granit oder einen Elvan vor, der bis zu einem gewissen Grade zersetzt ist. Der besondere Charakter der verschiedenen Arten der Schiefergesteine und der härteren, mit ihnen vorkommenden Schichten wird ebenfalls sorgfältig beobachtet, und man weiss aus der Erfahrung, dass manche Arten, wenn sie die Wände von Spalten bilden, mehr Erz führen, als andere, während andere als ungünstig angesehen werden. In Districten, wo die Gesteine mehr allgemein geschichtet sind, bieten sich oft treffliche Gelegenheiten zum Studium des Inhalts einer erzführenden Spalte nach der Verschiedenheit der ihre Wände bildenden Gesteine. In Derbyshire z. B., wo dieselbe Spalte nicht nur durch den Bergkalk und oft auch durch die mit ihm vorkommenden eruptiven Gesteine durchsetzt, sowie auch durch die benachbarten und höheren Ablagerungen von Schiefern und Sandsteinen, hält sich das Bleierz, das in den Derbyshiregängen hauptsächlich Bleiglanz ist, im Allgemeinen, wenn auch nicht ganz, an die Kalksteinreihe und scheint am häufigsten in ihrem obersten Theile zu sein. Die eruptiven Gesteine, welche gewöhnlich Verbindungen von Feldspath und Hornblende und bisweilen dicht und hart, bisweilen ursprünglich blasig sind, obgleich die Blasen jetzt durch infiltrirte Masse erfüllt sind, werden als ungünstig für diese Bleierze gehalten. In der That war es einst die Meinung der Bergleute von Derbyshire, dass der Gang nicht diese *toadstones* oder *blackstones*, wie sie dort heissen, durchsetze, weil sie so wenig productiv waren. Es ist indessen jetzt wohl bekannt, dass die Gänge, also die wahren Spalten, diese Gesteine eben so gut wie die Kalksteine durchsetzen und die Erze gewöhnlich fehlen, wo diese eruptiven Gesteine die Wände des Ganges bilden, indem sein Inhalt an solchen Orten aus anderen Mineralien besteht. Unter den Kalksteinschichten selbst hält man einige als Wände für den Gang für günstiger als andere, und manche von ihnen, in welchen viel kohlensaure Magnesia vorkommt, werden nicht gern gesehen. Obgleich die Gänge sich oft in gewisse Schiefer-

Digitized by Google

thone über dem Kalkstein fortsetzen, die nicht selten schwarz sind und viel Kohlenstoff enthalten, und obgleich diese Schieferthone bisweilen viel Erz geliefert haben, so ist dies doch eine Ausnahme, und eine noch grössere, wenn die Sandsteine, die diese Schieferthone überlagern, eine ansehnliche Menge davon enthalten, obgleich eine Spalte alle diese verschiedenen geschichteten Gesteine durchsetzt haben und für Lösungen einer ähnlichen Art zu derselben Zeit offen gewesen sein kann. Im Ganzen genommen ist der obere Theil der Bergkalkreihe am meisten erzführend und gewisse Schichten in ihm scheinen günstiger für das Vorkommen der Bleierze zu sein, als andere. Dies gilt ebenso, wenn der Bleiglanz in Spalten vorkommt, welche alle Gesteine durchsetzen, oder in den Klüften und cavernösen Stellen in der Kalksteinreihe. Die Erzablagerungen sind nicht auf die unregelmässigen Höhlungen beschränkt, welche so häufig in vielen Kalksteinländern in verschiedenen Theilen der Erde vorkommen, sondern sie erstrecken sich auch auf die, welche zwischen den Schichten selbst liegen und entweder von der theilweisen Entfernung von Thon herrühren, welcher einst zwischen manchen Schichten lag, oder davon, dass die ursprünglichen kleinen Räume in ihnen sich durch dieselben Ursachen erweitert haben, wie die, welche die anderen unregelmässigen und grösseren Höhlen gebildet haben.

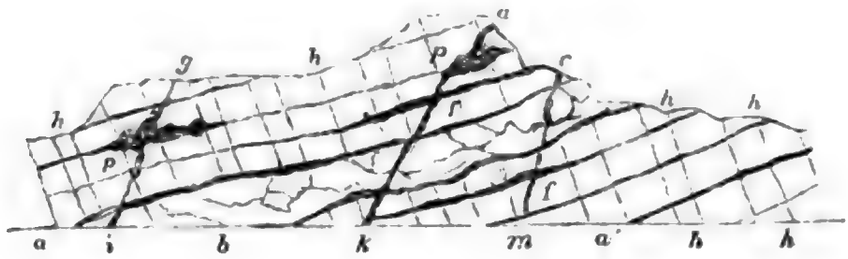
Viele von den kleinen Erzgängen in dem Derbyshirekalkstein sind nur Klüfte, die so offen waren, dass sie eine Ablagerung aufnehmen, welche bei hinreichendem Reichthum an Bleiglanz von dem Bergmann in seinen Arbeiten verfolgt wird. Weil er diese über einer Schicht von *toadstone* oder *blackstone* und auch unterhalb dieses eruptiven Gesteins findet, ohne dass ein Zusammenhang durch denselben besteht, so ist der Eindruck entstanden, dass die Gänge den *toadstone* nicht durchsetzen. Die Höhlungen in diesem Districte, in denen sich Bleiglanz findet, sind sehr zahlreich und gehen entweder durch die Schichten hindurch (*pipes*) oder liegen zwischen ihnen (*flat works*). Beim Studium der Höhlungen in Kalksteindistricten von diesem Charakter ist es augenscheinlich, dass diese Unterscheidungen nicht immer sehr anwendbar sind und dass unregelmässige, aufwärtssteigende Höhlungen zahlreiche Verzweigungen haben können, die von ihnen zwischen die Schichten selbst laufen, dass Klüfte die Höhlungen durchkreuzen und wirkliche Dislocationen das Ganze durchsetzen können. Wenn man sie sorgfältig untersucht, so finden sich immer an solchen Orten Verbindungen (*leaders*), wie sie genannt werden, so dass, wenn Dislocationen stattgefunden haben, eine Verbindung zwischen ihnen und den anderer Arten von Höhlungen vorhanden war, und dass Lösungen oder gasige Stoffe, die durch die Dislocationen aufsteigen, in sie eintraten. Eine der grössten, nach Bleiglanz bearbeiteten Höhlungen scheint die von Crich gewesen zu sein, wo vor einigen Jahren grosse

Digitized by Google

Mengen gewonnen wurden. Der Bleiglanz war sowohl am Ausgehenden wie an den Seiten durch Schichten von Flussspath und Schwerspath incrustirt, welches zwei sehr gewöhnliche Gangarten in gewissen Theilen von Derbyshire sind.

Wenn in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 295, *a a*, einen Theil der Kalksteinreihe von Derbyshire darstellt und *b* eine Zwischenlagerung von

Fig. 295.



toadstone, welche nach den Kalksteinschichten *a'* und vor der Ablagerung der Schichten bei *a* gebildet wurde, und wenn *i k m* Spalten sind, die alle Gesteine durchsetzen, *h h h h* gewöhnliche Klüfte in dem Kalkstein, die den *toadstone* nicht durchsetzen, *p p* unregelmässige Höhlungen in dem Kalkstein und *f f* die gewöhnlichen Zwischenräume zwischen den Schichten, die durch die Entfernung eines Theiles des benachbarten Kalksteins in Lösung auf die gewöhnliche Weise vergrössert wurden, so können eine Menge Räume, die sämmtlich mit einander communiciren, mit Mineralmasse erfüllt werden, die gleichzeitig aus derselben Quelle herrührt und die sämmtlich von den Bergleuten verschiedentlich benannt werden. Die Spalten *g i d k* und *c m* würden die Canäle sein, durch welche die von unten eingeführten Mineralsubstanzen in die unregelmässigen Höhlungen *p p* (*pipes*), die vergrösserten Räume zwischen den Schichten *f f* (*flat work*) und in die Klüfte *h h h h* (*skrins*) eintreten. Die Hauptspalten gehen durch alle die Gesteine hindurch, während die Klüfte oder wenigstens ein grosser Theil von ihnen sich an dem *toadstone* endigen.

Von dem Vorkommen von Bleierzen in Räumen zwischen Schichten, die offen waren, als dieselben und der übrige Inhalt solcher Höhlungen abgesetzt wurde, ist das von Fawnog, zwei Meilen westlich von Mold in Flintshire, ein sehr instructives Beispiel. Es scheint, dass man nach erfolglosem Suchen nach Blei im oberflächlichen Schürfen zwischen dem Bergkalk und seinem Hangenden, dem unter dem Namen des *millstone grit* bekannten Sandstein, eine mächtige Erzablagerung zwischen diesen Gesteinen entdeckte, die sich in einer Richtung nach Ost-Nord-Ost verlängerte, der Richtung von vielen der vorherrschenden Spalten, welche in der Nachbarschaft Bleiglanz enthalten. Indem man dieses Lager nach abwärts nach dem Einfallen der Schichten verfolgte, erhielt man in wenigen Jahren viele tausend Tonnen

Digitized by Google

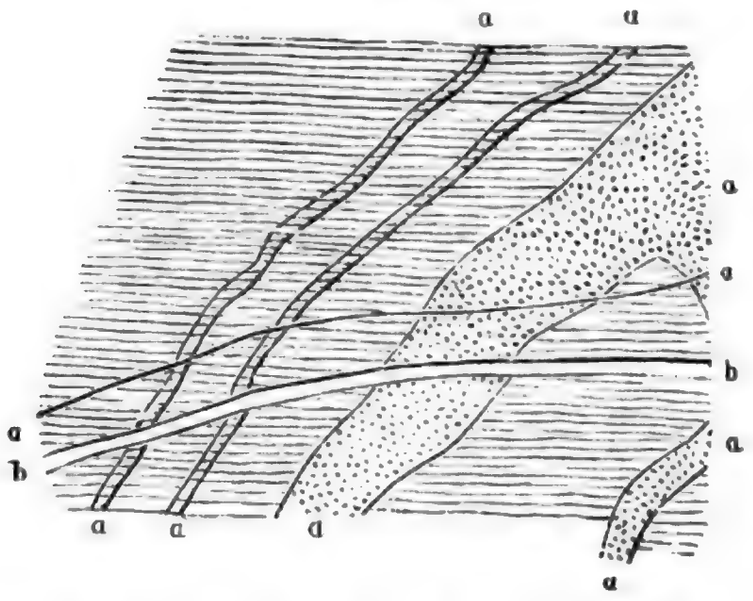
Bleiglanz. Später liess eine andere Gewerkschaft einen anderen Schacht auf dem Einfallen der Schichten abteufen, und traf dieselben Ablagerungen in einer Fortsetzung derselben Ebene zwischen dem *millstone grit* und dem Kohlenkalk. Auch aus diesem Lager wurden in einigen Jahren mehrere tausend Tonnen Erz gewonnen. Die so auf eine halbe (engl.) Meile untersuchte und von mehreren Schachten durchsunkene Strecke liefert ein sehr gutes Beispiel von dem ausgedehnten Vorkommen einer Erzablagerung zwischen zwei verschiedenen Arten von Gesteinen, die wahrscheinlich ebenfalls nach deren Ablagerung stattfindet, indem die Ablagerung des Bleierzes einfach in einer Höhle stattfindet, die zum Theil zwischen ungleichen Schichten, statt in einer verticalen Spalte existirt.

Was die Ablagerungen von Mineralien mit Einschluss nützlicher Erze in Gesteinsklüften angeht, und die Trümmer kleiner Gänge sind oft nichts weiter, so kann die theilweise Ausfüllung von Klüften, die Granit, die von ihm sich abzweigenden Gänge und die schieferigen Gesteine durchsetzen, durch welche er emporgestiegen ist, leicht am St. Michael's Mount in Cornwall studirt werden. Die Klüfte, welche wegen der insularen Lage von St. Michael's Mount und wegen der vereinten Thätigkeit von Meer und Atmosphäre sehr blossgelegt sind, geben dem Granit das falsche Ansehen, als wenn er regelmässig in verticale Schichten getheilt wäre, die ungefähr O. 10° N. streichen. Nach den Klüften hin ist eine Veränderung in der Structur des Granits deutlich sichtbar, und in ihnen findet sich Quarz, Glimmer, Topas, Apatit, Zinnstein, Wolfram, Zinnkies (Schwefelzinn und Schwefelkupfer), Turmalin und bisweilen noch andere Mineralien. Es sind dieses Erzgänge von einer besonderen Art und in kleinem Maassstabe. Der Zinnstein ist eins der gewöhnlichen Erze in den Gängen der Nachbarschaft; und was das Wolfram angeht, so kommt dies in grösserer Menge mit den Zinnerzen in gewissen Theilen von Cornwall vor, als dem Bergmann erwünscht ist. Quarz ist das häufigste Mineral in den offenen Räumen, und dasselbe ist bisweilen krystallisirt, oder erfüllt die Kluft ganz bis zu ihren Wänden. Wo diese Klüfte die Granitgänge und die benachbarten veränderten Schiefergesteine durchsetzen, bieten sie auch bisweilen interessante Beispiele von Unterschieden in ihrem Inhalt, je nach der Art des Gesteins, das ihre Wände bildet. Der folgende Grundriss (Fig. 296) ist der eines Theiles des St. Michael's Mount an der Nordostseite, worin die Granitgänge *aaa* die veränderten, in der Figur schattirten, schieferigen Gesteine durchsetzen, und einen kleinen eingeschlossenen Theil der letzteren sieht man in dem grössten Granitgange bei *c*. Eine Kluft *bb* durchsetzt sowohl die Granitgänge wie das Schiefergestein, und *dd* ist eine weniger breite parallele Kluft. Die letztere ist mit Glimmer erfüllt, wo sie den Schie-

Digitized by Google

fer durchsetzt, aber enthält auch Quarz, und ist selbst bisweilen ganz von dem letzteren Mineral erfüllt, wo sie die Granitgänge durchsetzt.

Fig. 296.



Die längst berühmte Carglazer Zinngrube bei St. Austell in Cornwall zeigt ebenfalls Klüfte, die mit Mineralien erfüllt sind, und unter diesen findet sich Zinnstein. Viele von diesen sind mit Vortheil ausgebeutet worden, da der Granit, in welchem sie vorkommen, durch Zersetzung weich ist. Da der Granit auch weiss ist, so bieten diese aus schwarzem Turmalin und Zinnstein nebst Quarz bestehenden Kluftgänge ein merkwürdiges Ansehen dar, wie in der folgenden Fig. 297.

Fig. 297.

Ein grosser Theil dieser Linien fällt unter die benachbarten Schiefer ein, wie es gewöhnlich bei Kluftlinien der Fall ist, die die Massen des Granits von Devonshire und Cornwall begrenzen, und sie werden von anderen Querklüften auf die gewöhnliche Weise durchsetzt. Ein grosser Theil des Granitlandes nördlich von St. Austell, besonders in der Nachbarschaft von Hensborough, zeigt ähnliche Streifen, in welchen Turmalin und Zinnstein gemischt sind, und sie kommen dergestalt mit Klüften überein, dass auch sie nichts weiter zu sein scheinen, als die Ausfüllung von solchen Absonderungsklüften mit Substanzen, welche endlich viel härter wurden, als der Granit, in welchem sie sich ablagerten, und wo der Granit grösstentheils zersetzt wurde. In Bezug auf den Turmalin in diesen Kluftgängen findet der Beobachter beim Studium der höchst turmalinreichen Theile der Granite von Devonshire und Cornwall, an ihrer Grenze nach den Schiefern zu, oder wo sie

Digitized by Google

an der Oberfläche der ersteren erscheinen, dass er oft eine Stellung nahe an den Klüften einnimmt, und nebst dem Quarz bisweilen ganz den Raum zwischen ihren Wänden ausfüllt, und beide Mineralien scheinen aus dem benachbarten Granit herzurühren.

Gewisse Mineralien, mit Einschluss der Erze nützlicher Metalle, findet man nicht nur in einer Spalte häufiger an bestimmten Gesteinen oder Modificationen desselben Gesteins, auf die oben erwähnte Weise anhängend, sondern man findet auch in einigen Districten, wo mehr als ein Erz in hinreichender Menge vorkommt und der Boden gehörig untersucht ist, dass Spalten in gewissen Richtungen gewisse von diesen Mineralien in grösserer Menge als in anderen enthalten. Und was diese letzteren angeht, so hat es häufig Verhältnisse gegeben, unter denen Mineralien, die hauptsächlich in Spalten von bestimmten Richtungen gefunden werden, in grösserer Menge in einigen Theilen derselben Spalte, als in anderen angehäuft sind. Die Grubendistricte von Devonshire und Cornwall können in dieser Beziehung mit Vortheil studirt werden, obgleich Beispiele der Art überall vorkommen.

Blicken wir auf einen von diesen Districten zurück (Fig. 224), so finden sich Zinn- und Kupfererze hauptsächlich in den Spalten *v v v* in reichlicher Menge, die ein östliches Streichen haben, während die nördlich streichenden *d d d* oft die Erze von Blei, Eisen und einigen anderen enthalten. Es giebt Ausnahmen, aber im Ganzen ist diese Vertheilung der Erze herrschend. Bei sorgfältiger Untersuchung hat man gefunden, dass die Dislocationen, welche eine Richtung von Norden nach Süden haben, nach denen mit einer Richtung von Osten nach Westen gebildet wurden, und der Beweis liegt darin, dass der Inhalt der letzteren sowie die Gesteine, die ihre Wände bilden, durchbrochen ist, und dass neue Masse sich in den neuen Spalten angehäuft hat. Der Geognost hat darum in solchen Fällen nicht nur die Richtung der Spalten zu beachten, sondern auch den Unterschied in der Zeit, in der jede der beide Reihen gebildet wurde, so dass, wenn zu einer Zeit die Verhältnisse für die Bildung der Zinn- und Kupfererze vorherrschten und die von anderen Erzen in einer anderen Zeit, die Gelegenheit für die Bildung verschiedener Erze in allen diesen Spalten nicht gleichzeitig, sondern verschieden war. Dieser Umstand sowie die Einflüsse, die die Ablagerung von gewissen Substanzen verursachten, welche aus der Richtung einer Spalte selbst hervorgehen konnten, muss man wohl ins Auge fassen.

Nimmt man gewisse Mineralien zum Studium, besonders die Erze von nützlichen Metallen, so findet sich oft viel Interessantes in der Art, auf welche sie gleichsam gleichzeitig in derselben Spalte vertheilt wurden. Gewisse Combinationen von Gesteinen werden sich bisweilen dem Geiste, wenn nicht als die Hauptursache, so doch wenigstens unter den Bedingungen aufdringen, welche dazu beigetragen haben, die Erze eines

Digitized by Google

Metalls häufiger zu machen, als die eines anderen in den Streichen desselben Erzganges. Andere Male stimmt diese Ansicht nicht so gut mit den beobachteten Thatsachen überein. Die Fortsetzung des grossen Crinnisganges, der von der Küste nahe bei Crinnis-Insel in den Granit läuft, bietet ein Beispiel, dass dieselbe Spalte in dem Schiefer, Kupfer und nach dem Granit zu hauptsächlich Zinn führt. Bezüglich der Vertheilung von Zinn- und Kupfererzen in Cornwall, weiss man, dass manche Kupferminen daselbst in ihrem oberen Theile wegen des Zinns bearbeitet und verlassen wurden, wenn man nach unten an das Kupfererz kam, da dieses damals keinen Werth hatte. Einige von diesen Fällen rechtfertigen nicht die Ansicht, wie wir später sehen werden, dass die Zinnerze unter Ausschluss der Kupfererze vorkommen, aber sie beweisen nichts desto weniger, dass Zinnerze in den höheren Theilen dieser Gänge gegenwärtig und nach unten selten, wenn nicht gänzlich abwesend waren *).

Erscheinungen dieser Art sind noch bei anderen Erzen bekannt und erfordern ähnliche Aufmerksamkeit, wie z. B. das häufige Vorkommen von Kupferkiesen in den oberen Teufen vieler Bleierzgänge in Cardiganshire. Bei Gängen von gemischten Erzen verschiedener Metalle, wo einige von ihnen sich durch sie verbreitet finden, ist die relative Menge der Erze bisweilen sehr wesentlich in verschiedenen Tiefen modificirt, und dies selbst bis zu einem gewissen Grade unabhängig von der Art des Gesteins, welches die Wände der Gänge bildet, obgleich dieser Einfluss immer zu beachten ist. So finden sich bei Zink, Blei und Kupfererzen, wie z. B. in der wohlbekannten Ecton-Grube in Staffordshire, die Zinkblende am häufigsten in der Tiefe, Kupferkies in einer centralen Lage und Bleiglanz in den höheren Theilen. In dem Spitalgang bei Schemnitz war Silberglanz und Bleiglanz gewonnen worden; obgleich der letztere unten silberhaltig ist, sind die Erze nach den höheren Theilen des Ganges hauptsächlich Silberglanz und die anderen Schwefelverbindungen des Silbers, in welchen das Blei entweder selten ist oder fehlt.

Bei dieser Art von Untersuchung ist es sehr nöthig, nicht nur die Art der Gesteine zu beachten, welche von Gängen, wie oben erwähnt, durchsetzt werden, sondern auch die Zersetzung und die Veränderungen, welche in einer Spalte oder in einer anderen Höhlung nach irgend einer

*) In der Dolcoath-Mine bei Camborne, die seit Langem betrieben wird, hat man kürzlich gefunden, dass Zinnerz in hinreichender Menge in der Tiefe vorkam, nachdem der Gang hauptsächlich des Kupfers wegen betrieben worden war, und die oberen Theile früher Zinn, als das Haupterz, geliefert hatten. Die Erze des Kupfers und Zinns sind bisweilen in den Cornwaller Gruben mehr gemischt, als man nach den unterscheidenden Namen Kupfergang und Zinngang vermuthen sollte.

Digitized by Google

ursprünglichen Beschaffenheit ihres Inhalts stattgefunden haben. Es giebt gewisse Thatsachen, welche deutlich wesentliche Veränderungen und Modificationen aus einem früheren Zustand der Erzgänge zeigen, unter denen die von Oberflächeneinflüssen am bemerkenswerthesten sind. In Gängen, wo Kupferkiese häufig sind, erstrecken sich die Veränderungen durch Zersetzung oft auf eine beträchtlichere Tiefe, als man anfangs erwartete. Dieses Erz, welches wesentlich aus einer Verbindung des Schwefels mit Kupfer und Eisen besteht, wird durch die atmosphärischen Wasser zersetzt, es bildet sich Schwefelsäure durch die Wirkung des Sauerstoffs auf den Schwefel, diese Säure greift dann die metallischen Theile des Erzes in der Weise an, dass schwefelsaures Kupfer entfernt wird und Eisen in den Erzen zurückbleibt und später ein Eisenoxydhydrat bildet, wobei andere ursprünglich in dem Erz vorhandene Substanzen noch übrig sind. Diesem Eisenoxydhydrat hat man in Cornwall den Namen *Gossan* gegeben, die Franzosen nennen es *Chapeau de fer*, die Deutschen eisernen Hut, woher das Sprichwort: „es ist nie ein Gang so gut, der trägt nicht einen eisernen Hut", und in diesen finden sich bisweilen Zinn, Silber und einige andere Erze, die mit dem ursprünglichen Kupferkies gemengt waren. Modificationen dieser Art verlangen nicht nur eine gewisse Länge geologischer Zeit, während der sie sich bilden konnten, sondern auch eine hinreichende Nähe der atmosphärischen Einflüsse. Es ist klar, dass, wenn die geologischen Veränderungen solche sind, dass sie in Erzdistricten einen grossen Theil der jetzigen Oberfläche entfernen und das Ausgehende der Gänge zum ersten Male atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt wird, welchen anderen Quellen von Veränderung und Modification der Inhalt der Gänge auch unterliegt, solche blossgelegten Theile die bei den Kupferkiesen erwähnten Veränderungen erleiden müssen und dass das Kupfer in Lösung als ein Sulphat an einer Stelle durchsickert, wo es als solches bleibt oder eine spätere Veränderung erleidet. Bei Beobachtung von Gängen mit einem eisernen Hut über Kupferkiesen findet sich alsbald, dass nicht nur metallisches Kupfer, sondern auch die Oxyde und Carbonate des Kupfers vorkommen, und zwar an Orten, wohin leicht eine Lösung von Kupfersulphat, das von zersetztem Kupferkiese herrührt, seinen Weg finden konnte. Man sieht auch überdies oft metallisches Kupfer in Klüftchen und an anderen Orten und man wird an die Ablagerung von Kupfer durch den galvanoplastischen Process aus Lösungen derselben Art erinnert. Man hat deshalb den Gang und seine Wände auch in Bezug auf ihre elektrischen Verhältnisse zu betrachten. Wenn metallisches Kupfer an schicklichen Orten sich absetzte, so lässt sich wohl annehmen, dass die Oxyde durch die Wirkung des in dem Wasser der Oberfläche enthaltenen Sauerstoffs als Theil der in ihm verbreiteten Luft entstanden und dass die Carbonate sich durch die nachfolgende Thätigkeit der ebenfalls in demselben Wasser enthaltenen Kohlensäure bilden. Fasst man die Art des Vor-

Digitized by Google

kommens der gemischten Erze von Zinn und Kupfer von Cornwall ins Auge und berücksichtigt, dass einige von diesen Gruben früher des Zinns wegen bearbeitet wurden und Kupfererz nach unten in ihnen vorherrschte, so kann es leicht der Fall gewesen sein, dass die zinnführenden Theile solcher Gänge früher reicher an Kupferkiesen waren und dass die letzteren auf die genannte Art entfernt wurden und das Zinn hauptsächlich in dem Gossan oder Eisenhut zurückblieb, so dass dieser besonders zinnführend wurde.

Veränderungen von ähnlicher Art finden sich in den höheren Theilen von Gängen, die andere Metalle enthalten, besonders solcher, auf deren Erze atmosphärische Einflüsse leicht einwirken. So finden sich in den oberen Theilen von Gängen, die Bleiglanz führen, oft die Carbonate dieses Metalls. Nach Hausmann fand die Veränderung durch die Umwandlung des Schwefels des Bleiglanzes in Schwefelsäure Statt, welche sich mit dem Kalk verband, wodurch die Kohlensäure frei wurde, und diese in Verbindung mit dem Blei das Bleicarbonat bildete. In den Fällen, wo die Gänge des Bleiglanzes sich im Kalkstein finden und die Carbonate in ihrem oberen Theile ziemlich häufig sind, kann die Veränderung leicht auf diese Weise stattgefunden haben.

Zur Erläuterung der Umwandlung des natürlichen Bleiglanzes in ein Carbonat mag bemerkt werden, dass in den Schutthalden des alten Manns in den Derbyshire-Gruben, von denen einige 1700 Jahr zurückreichen*), und die jetzt wegen noch vorhandener Erztheile zu Gute gemacht werden, kleine Stücke des Bleiglanzes sich ganz in das Carbonat umgewandelt zeigen, und die grösseren Stücke dick mit derselben Substanz bedeckt sind. Die Bergleute beobachteten, dass an den Stellen, wo am meisten Wasser gewesen ist, die Umänderung am deutlichsten und beträchtlichsten war**). Eine weitere Erläuterung dieser Art von Veränderung findet sich in den Fällen, wo Stücke von Bleiglanz in Mergel oder Lehm mit Stücken von Kalkstein vertheilt sind, ein Umstand, der in demselben Districte vorkommt, wie z. B. in einer Grube Green Linnets bei Brassington, wo Stücke von Bleiglanz vorkommen, die von einem benachbarten Gang losgelöst und wahrscheinlich in der Tertiärperiode in dem Mergel oder Lehm verbreitet worden sind. Die Stücke von Bleiglanz sind bisweilen ganz, in anderen Fällen nur theilweise in krystallinisches kohlensaures Blei umgewandelt. Aehnliche Beispiele von Veränderungen in phosphorsaures Blei kommen ebenfalls vor, eine Substanz, die nicht nur in den höheren Theilen

---

*) Alte Bleimasseln in Derbyshire, von denen eine im Jahr 1777 in Cromford Moor entdeckt wurde, trugen in erhabener Schrift die Inschrift: *Imp. Caes. Hadriani. Aug. Mei. LVI.*

**) Dieses Wasser enthält gewöhnlich viel doppelt kohlensauren Kalk.

Digitized by Google

der Bleigänge an anderen Orten, sondern auch in der Tiefe von 150 Fuss und mehr gefunden wurde, wie z. B. in der Grube Golden Valley und an anderen Orten in der Nachbarschaft von Winster in Derbyshire.

Galmei ist oft nichts weiter als Blende, die auf eine ähnliche Weise verändert wurde, indem die Schwefelverbindung zur kohlensauren wurde. Die Verhältnisse, unter denen so oft grosse Massen von Galmei vorkommen, besonders in Kalksteindistricten, machen diese Ansicht ausnehmend wahrscheinlich. In Talar-goch in Flintshire bildet es sich im Augenblick und offenbar durch eine Zersetzung der Blende in demselben Gange, indem es in Lösung kommt, wie der kohlensaure Kalk in Kalksteinhöhlen und in der Grube abgelagert wird.

Unabhängig von diesen Modificationen und Veränderungen in den höheren Theilen von Erzgängen giebt es bisweilen andere in allen Theilen von ihnen, aus denen hervorgeht, dass die in ihnen oder an den Wänden der Spalten abgesetzten Substanzen wieder entfernt wurden und ihre Stelle frei blieb oder durch andere Substanzen ersetzt wurde, die die so zurückgebliebenen Höhlungen erfüllten. Ein grosser Theil der Pseudomorphosen verschiedener Substanzen ist auf diese Weise gebildet worden, wenigstens diejenigen, welche gleichsam die für sie in einem Gang durch die Entfernung von einigen zuerst gebildeten Substanzen entstandenen Formen ausgefüllt haben, welche letztere zuerst vor einer solchen Entfernung durch andere überrindet waren. Beispiele von dieser Art von Veränderung kann man oft in Spalten und Höhlungen vieler Grubendistricte, und ebenso in der theilweisen Zersetzung und Entfernung verschiedener Mineralkörper studiren. Gangquarz findet sich bisweilen, als wenn er theilweise durch Lösungsmittel angegriffen und in einem höchst porösen Zustande gelassen worden, offenbar durch einen Verlust eines Theils seiner Substanz und nicht durch die Entfernung von löslichen Substanzen, die einst in ihm eingeschlossen waren; ein sorgfältig zu untersuchender Umstand, da das letztere oft augenscheinlich der Fall gewesen ist.

In einigen Gängen sind die Veränderungen der Verhältnisse für die Ablagerung und Entfernung von Mineralien höchst interessant. Ein Beispiel hiervon bot sich vor einigen Jahren in der Virtuous-Lady-Grube bei Tavistock in Devonshire dar. Die Spalte, in welcher dieser Gang vorkam, war sehr unregelmässig und der Raum zwischen den Gangwänden war bisweilen mehrere Fuss weit. An den Wänden war zuerst abgelagert worden 1) eine Mischung von Quarz und Kupferkies, der letztere oft krystallisirt, die ursprüngliche Sphenoide so verlängert, dass sie rauhe Prismen mit pyramidalen Spitzen bilden; 2) auf diese kommen Würfel, die oft beträchtlich gross sind, und wahrscheinlich Flussspath waren; 3) eine Incrustation von kohlensaurem Eisen bedeckt dann das Ganze vollständig; 4) die Substanz, welche die Würfel bildete, wurde dann aufgelöst oder entfernt, so dass das kohlensaure Eisen

Digitized by Google

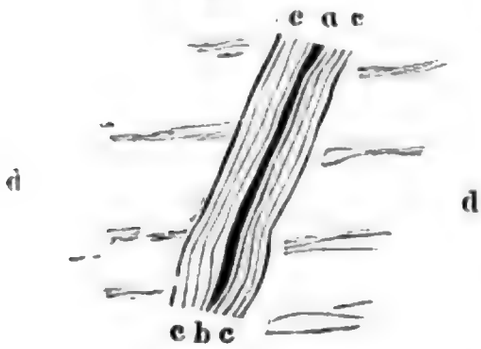
nicht angegriffen wurde; 5) Höhlungen blieben, in welche Quarz und Kupferkies eintrat und krystallisirte, wo diese letzteren Mineralien indessen nicht ganz die Höhlungen füllten. So scheinen nach der Bildung der Spalte wenigstens fünfmal die Verhältnisse sich in dem Theile des Ganges verändert zu haben, wo man diese Thatsachen beobachtete, und während einer Veränderung wurde der früher in Krystallen abgesetzte Flussspath entfernt, während seine Bedeckung von kohlensaurem Eisen blieb. Modificationen und Veränderungen dieser Art müssen sehr sorgfältig untersucht werden, besonders mit Bezug auf die Structur der Gesteine, in welchen sich die Spalten und andere Höhlungen finden, und auf die Wahrscheinlichkeiten, dass neue Spaltenbildungen das Mittel waren, eine Lösung oder gasförmige Stoffe einzuführen, welche auf früher in ihnen angehäufte Substanzen wirken konnten. Und nicht nur müssen die oben erwähnten pseudomorphen Krystalle studirt werden, wo eine Substanz abgelagert, mit einer anderen bedeckt, wieder entfernt und abermals von einer dritten Substanz auf die genannte Weise ersetzt wurde, sondern auch die Entfernung und der Ersatz von gewissen Mineralien Molekül auf Molekül, wobei die Gestalt des ursprünglichen Krystalls unverändert bleibt. In Bezug auf die früher erwähnte Substitution des kohlensauren Bleis für den Bleiglanz beweisen zwar oft Bruchstücke diese Veränderung, und die ursprüngliche Gestalt des Bleiglanzes ist beibehalten; man findet aber auch Krystalle des letzteren vollständig durch das kohlensaure Blei ersetzt, wie z. B. in Derbyshire in einer Grube in dem Long-Tor bei Matlock. In Cornwall und anderwärts hat man Kupferkies gefunden, der das kohlensaure Eisen ersetzt, und wo die Krystalle des letzteren vollständig erhalten wurden, und es sind zahlreiche andere Veränderungen wohl bekannt, wo kein Grund zur Annahme ist, dass sie das Resultat von Ablagerungen in Formen sind, wobei die letzteren entfernt wurden, so dass keine Spur von ihnen zurückblieb, obgleich dies ohne Zweifel ein Umstand ist, den man immer bei Untersuchungen dieser Art sorgfältig beachten muss.

Wenn man die Art und Weise untersucht, auf welche die Substanzen in den Spalten oder anderen Höhlungen gelagert sind, nachdem man die Thätigkeit, welche die Ablagerung gewisser Körper auf ihren Wänden, sowie auf gewissen Gesteinen in grösserer Menge als auf anderen, bestimmte, und die Richtung der Spalten selbst betrachtet hat, so bietet sich als die einfachste Art des Vorkommens das dar, wo sich eine einzige Substanz in ihnen findet. Diese Substanz kann entweder von den benachbarten Gesteinen herrühren, indem sich Lösungen in ihnen bildeten und durchsickerten, wie dies die Quarzgänge in kieseligen Gesteinen und die Kalkspathgänge in Kalksteinen zeigen, oder, wie der Zinnstein, der Bleiglanz, das Kupfer und Antimon und andere Erze, aus anderen Quellen herrühren, wobei sich selbst Fäden metallischen Silbers

Digitized by Google

und Kupfer darbieten. Im ersten Falle kann es durch die aufeinanderfolgenden Lagen von Krystallen, die alle ihre Spitzen nach innen kehren und sich auf beiden Seiten des Ganges finden, nachgewiesen werden, dass die Ausfüllung ein Werk der Zeit gewesen ist, während der bloss die Verhältnisse für die Ablagerung eines einzigen Minerals in der Spalte obwalteten. Der folgende Durchschnitt, Fig. 298, erläutert diese aufeinanderfolgenden Ablagerungen. *ab* ist eine Spalte, die verschiedene Gesteine *dd* durchsetzt; Schichten von einer einzigen Substanz *cccc* füllen sie bis nach dem Innern, wo zur weiteren Veranschaulichung bisweilen Höhlen übrig bleiben mögen. Die Wahrscheinlichkeit, dass die einzige Substanz mehr oder weniger direct oder indirect von den durchsetzten Gesteinen herrührt, muss mit Rücksicht auf die Beschaffenheit der Localität erwogen werden. Wenn man in einem Kalksteinlande, wie z. B. in den Bergdistricten von Derbyshire, die aufeinanderfolgenden Schichten aus Kalkspath bestehend findet, so kann man schliessen, dass diese Substanz aus den Kalksteinschichten herrührte, die in der Nachbarschaft so häufig sind, und in welchen die Spalten sich bildeten, während man sich nach anderen Ursprungsquellen umsieht, wenn sie aus Schwerspath bestehen, der in jener Gegend ein gewöhnliches Mineral ist.

Fig. 298.



Man findet, dass einfache Substanzen dergestalt nicht nur die Wände von Spalten verbinden, sondern auch Fragmente verkitten, die in sie gefallen sind, und bisweilen auf eine Weise, aus der hervorgeht, dass solche Bruchstücke auf die cementirende Substanz herabfielen, während dieselbe abgelagert wurde, da sie gleichsam isolirt und in der cementirenden Substanz suspendirt sind, welche auf diese Weise nicht nur die zusammenbinden kann, welche sich offenbar einander vor ihrer Einführung berührt haben, sondern auch manche einhüllen kann, welche bisweilen gehörig von den anderen getrennt sind, und deshalb keine Stütze von ihnen erhalten konnten. Die fragmentäre Beschaffenheit von Erzgängen sieht man in den meisten Grubendistricten und kann sie auch in Spalten studiren, in denen die Erze von nützlichen Metallen nicht vorkommen, und wie sie sich in natürlichen Durchschnitten, wie in Klippen an den Meeresküsten oder im Binnenlande zeigen. Die cementirende Substanz kann irgend eine von der in den Spalten enthaltenen sein, eben so gut wie die Erze von Blei, Kupfer, Zinn u. dergl. Wo die Fragmente solche von Gesteinen sind, welche leicht durch die Zersetzung vermittelst der Thätigkeit von Lösungen und Gasen in den Gängen entfernt werden, wie z. B. die von Kalkstein durch die Lösung

der Kohlensäure im Wasser, bleiben Höhlungen zurück, in welche andere Substanzen, die sich in anderen Theilen des Ganges finden, eingeführt werden können, auf dieselbe Weise, wie die von den oben erwähnten Krystallen übrig gebliebenen Höhlungen durch in sie eingeführte andere Substanzen erfüllt wurden.

Die Bedeckungen von verschiedenen Arten von Mineralien an den Seiten von Spalten, wie von aufeinderfolgenden Ablagerungen ungleicher Substanzen aus in ihnen vorhandenen Lösungen, scheint zuerst von Werner im Jahre 1791 angedeutet worden zu sein. Unter den angeführten Beispielen erwähnt er besonders den Gang Segen Gottes, in welchem von der Mitte an gerechnet, die aus zwei Schichten von Kalkspath besteht, in welchem hier und da kleine Drüsen vorkommen, dreizehn Schichten von verschiedenen Mineralien sich in derselben Ordnung auf jeder Seite des Ganges folgen, nämlich Flussspath, Zinnspath, Bleiglanz u. s. w. In dem südlichen Gange Gregorius bestehen die zwei Schichten, welche den Seiten des Ganges anhängen, aus krystallisirtem Quarz, zunächst diesem folgt auf jeder Seite eine Schicht von Zinkblende, mit Schwefelkies gemischt, auf diese folgt Bleiglanz, Eisenspath, Bleiglanz, Grausilbererz, Rothgültigerz und Silberglanz. Der innere Theil, natürlich der zuletzt gebildete, besteht aus Kalkspath.

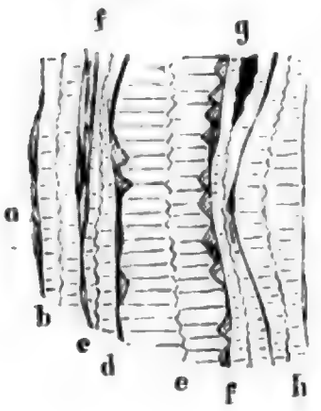
Es lässt sich kaum erwarten, dass sich diese Regelmässigkeit immer findet, selbst in einer Spalte, die wahrscheinlich in ihrem ersten Zustand in Bezug auf eine spätere Bewegung ihrer Seiten geblieben ist, besonders in Fällen, wo die gegenüberstehenden Wände aus verschiedenen Gesteinen gebildet sind (wenn die Spalte eine Verwerfung ist), oder wo durch irgend eine andere Ursache eine Seite Ablagerungen erhalten hat und die andere nicht. Eine Hauptursache des Unterschiedes ist oft der Unterschied der Gesteine auf jeder Seite, indem eine Ablagerung, die sich zuerst auf einen Seite gebildet hat, vorzugsweise Zuwachs erhält, aus den Gründen, die früher in Bezug auf Ablagerungen aus Lösungen angegeben wurden.

Wenn der Geognost den Inhalt von Spalten in Grubendistricten studirt, wo sich so viele kleine Adern von verschiedenen Substanzen in Spalten und Höhlungen finden, die mehr oder weniger mit den Hauptgängen in Verbindung stehen oder sich selbst in ihnen finden, so wird er häufig den Beweis haben, dass viele Hauptspalten sich mehr als einmal bewegt haben, während die so gebildeten neuen Spalten nicht nur bisweilen Mineralablagerungen, welche sich früher in der Spalte in ihrem ersten Zustande bildeten, sondern auch das benachbarte Land durchsetzt haben. Werner kannte diesen Umstand, wenn er bemerkt, dass man verschiedene Beispiele findet, wo neue Spalten sich in der Richtung von denen aus älterer Zeit gebildet haben (entweder in ihrer Substanz oder an ihrer Seite), die mit ihnen dieselbe individuelle Substanz bilden. Es können daraus sehr wesentliche Veränderungen und

Digitized by Google

Modificationen der Gänge, sowohl in Beziehung auf die Zersetzung und Entfernung von früher in der Spalte vorhandenen Substanzen und die Einführung von anderer Mineralmasse entstehen. Beweise von solchen Bewegungen, unabhängig davon, dass der erste Inhalt eines Ganges durchsetzt wurde, und dieser Inhalt eben so gut einen Theil der Wände der späteren Spalte bildet, wie irgend ein anderer Theil der durchbrochenen Mineralmasse, findet man oft in der Art des Vorkommens des Inhalts selbst, selbst wo dieser noch einen gewissen Parallelismus bewahrt. So ist in dem folgenden Durchschnitte (Fig. 299), einem Theile des Ganges von Wheal Julia in Binner Downs in Cornwall, die innere Ablagerung von Quarzkrystallen, die einwärts nach *e* gerichtet sind, bloss eine von vier anderen ähnlichen Schichten *b*, *d*, *g* und *h*. Um diese Krystallisation zu bewirken, da das Wachsthum der Krystalle nach innen stattgefunden, haben sich fünf verschiedene Oeffnungen in verschiedenen Zeiten gebildet, so dass sich hier dem Anfang der Krystallisation in jedem Falle die nöthige Wand darbot. Ohne weitere Beweise, wie sie die Oeffnungen in anderen Theilen des Ganges oder in den benachbarten Gesteinen darbieten konnten, war es schwer zu bestimmen, welche von diesen Oeffnungen der anderen vorausgegangen ist. Beginnt man auf der linken Seite *a*, so giebt der Durchschnitt eine Schicht von Kupferkies und Zinkblende auf der Wand des Ganges in dieser Richtung, auf diese folgt Quarz mit den Spitzen der Krystalle nach innen, *b*; verhärteter Thon *c*, und andere ebenfalls nach innen bei *d* zeigende Quarzkrystalle, darauf eine Lage von Krystallen *e*, die auf jeder Seite auf einer Schicht von krystallisirtem Kupferkies und Zinkblende *f f* anfangen und zuerst die Oeffnung bekleiden, in welcher man diese Anordnung sieht. Geht man noch weiter von links nach rechts, so sind Quarzkrystalle auf einer anderen Höhlung abgelagert worden, die einen offenen Raum bei *g* lassen, auf diese folgen Schichten von Quarzkrystallen, die nach innen bei *h* deuten, und auf der Wand des Ganges in dieser Richtung ruhen. Beispiele dieser Art mit beträchtlichen Modificationen könnten leicht in Menge angeführt werden.

Fig. 299.

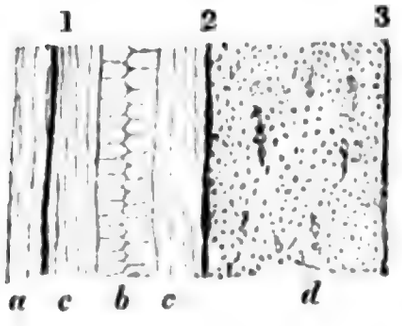


Wenn sich Absätze von verschiedenen Substanzen finden, und diese sich nicht auf beiden Seiten eines Ganges gleichen, so lässt sich zwar vermuthen, dass mehr als eine Bewegung in der sie enthaltenden Spalte nach ihrer ersten Bildung statthatte, aber der Beweis hierfür ist oft keineswegs so klar. So z. B. in dem folgenden Durchschnitt (Fig. 300) an einem Theil eines Ganges bei Godolphin Bridge in Cornwall, wo *a* eine Schicht von Quarz darstellt, die auf der Wand des Ganges in dieser Richtung ruht, *b* Quarzkrystalle, die nach innen gerichtet sind und

Digitized by Google

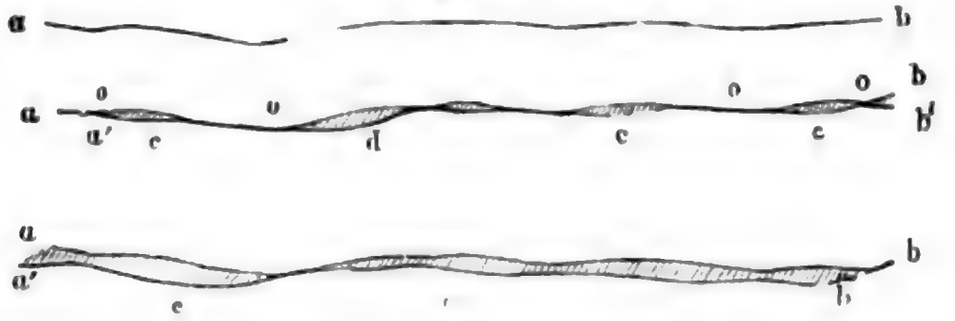
auf Achatstreifen auf jeder Seite *c c* ruhen, und *d* eine dicke Schicht von Kupferkies, der mit etwas Quarz gemengt ist. Bei *b* zeigt es sich deutlich, dass, als die dort sich findende Kieselerde abgelagert wurde, die Wände der Oeffnung sich von 1 nach 2 erstreckten; aber bei der Abwesenheit einer Lagerung der Theile, aus der hervorgeht, dass der Kupferkies mit seinem Quarz, 2 zu einer von seinen Wänden hatte, lässt sich nicht beweisen, dass es eine bestimmte Oeffnung zwischen 2 und 3 gab, in welcher er abgelagert wurde. Der Kupferkies kann sich mit Quarz gemischt auf der Wand des Ganges auf der rechten Seite abgelagert haben, während der Quarz allein sich auf der Wand des Ganges auf der linken Seite bildete.

Fig. 300.



Bezüglich der Bewegungen, die diese parallelen Ablagerungen hervorbrachten, ohne dass der Beweis da ist, dass frühere Mineralablagerungen in den Gängen zerrissen oder gestört wurden, findet man bald beim Studium dieser Spalten, welche nicht einfache Risse, sondern Verwerfungen sind, dass dies durch das blosse Herabgleiten der unebenen Seiten der Brüche, mit gewissen Zwischenräumen, der Ruhe zwischen jeder Bewegung hervorgebracht sein kann, so dass sich Mineralmasse in den Höhlungen während jeder Periode der Ruhe ablagerte. Wenn *a b* in der folgenden Figur 301 eine Spalte darstellt, und eine Bewe-

Fig. 301.



gung stattfindet, so dass eine Seite $a' b'$ auf eine Weise gleitet, bei der sich die Theile *o o o o* berühren und den Druck auf jeder Seite der Spalte tragen, so werden sich Höhlungen bei *c c c* und *d* bilden, und die letztere wird etwas ausgedehnter sein, als die erstere. Wenn die Bewegung in einer entgegengesetzten Richtung stattgefunden hat, nach links hin, wie in der dritten Linie, bis zu demselben Grade, wie früher nach rechts, so werden die Oeffnungen *c c* beträchtlicher, so weit es die gegebene Darstellung betrifft und die Berührungsstellen weniger zahlreich sein.

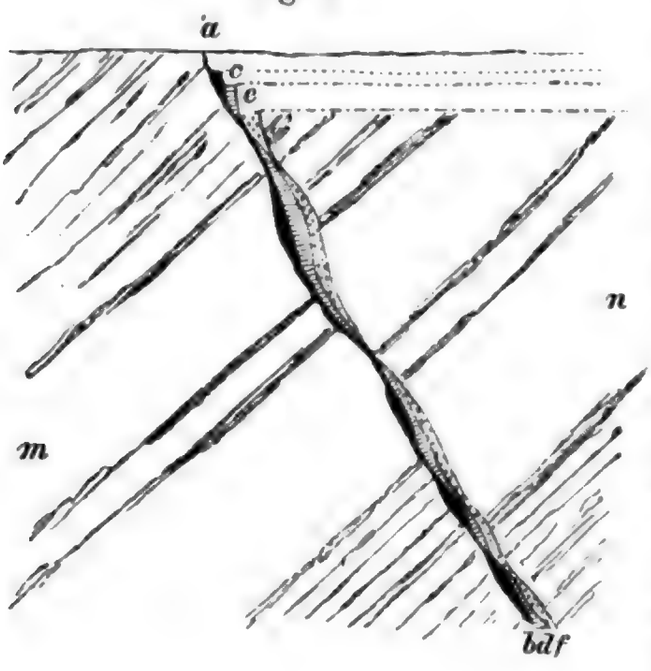
Bei einem Risse durch Gesteine, wo die Unregelmässigkeiten der Spalten gewöhnlich in verschiedenen Richtungen gehen und die Berüh-

Digitized by Google

rungspunkte folglich verschieden gelegen sind, muss die allgemeine Ungleichheit der Wände der Gänge betrachtet werden.

Wenn die Bewegungen beträchtlich waren, so hat oft eine Glättung und eine Streifung der Seiten stattgefunden, und die Streifung entspricht der Richtung der Bewegung, was sehr wichtig ist, wenn man diese Richtung nicht deutlich durch die Spaltung oder eine andere Art des Vorkommens der von Spalten durchsetzten Gesteine sieht. Auch in Spalten, wo mehr als eine Bewegung stattgefunden hat, sind sie werthvoll, besonders wenn der Beweis, dass die Krystallisation in verschiedenen Zeiten in verschiedenen Höhlungen stattgefunden, fehlt und der Inhalt der Gänge selbst diese Streifung und Politur in gegebenen Richtungen zeigt. Zur Erläuterung der nicht von beträchtlichen Dislocationen bezeichneten Bewegungen, wo indessen successive neue Oeffnungen oder Höhlungen gebildet worden sind, die entweder auf die oben erwähnte Weise erfüllt wurden, und dies durch Krystallisation nach den inneren Räumen bewiesen wird, oder wo eine einfache Politur und Streifung erscheint, dient vielleicht die folgende Fig. 302. Wenn

Fig. 302.

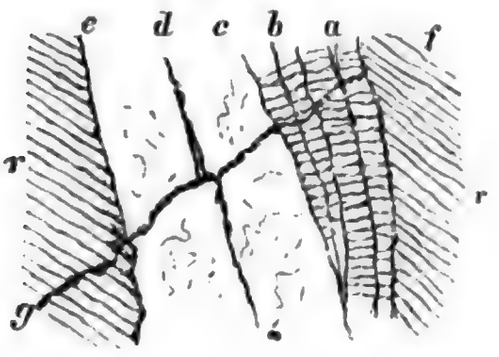


a b eine Spalte ist und die Theile des getrennten Gesteins *m n* gegen einander gleiten, so dass die Schichten bei *n* nach *c* längs der Spalte sinken und eine Anzahl von Punkten berühren, bis eine neue Reihe von Höhlungen gebildet ist, die durch den dunklen Theil *b* dargestellt sind, und diese Höhlungen von Mineralmasse erfüllt werden, so würde eine weitere Bewegung in derselben Richtung eine Reibung auf diesen Inhalt hervorrufen, welche dergestalt eine unebene Oberfläche nach der Seite *n* hervorbringen würde. Angenommen, dass dieser Inhalt ziemlich fest ist, was er oft in einem grösseren Grade als die Seiten des alten Bruches sein kann, so konnte sich diese zweite Bewegung nach *e* erstrecken und hinreichende Stützpunkte wie vorher existiren, so dass die Höhlungen *d* gebildet wurden. Wenn eine dritte Bewegung stattfindet, nachdem diese zweiten Höhlungen gefüllt waren, so würden ähnliche Resultate folgen, und es würde eine dritte Reihe von Höhlungen erfüllt werden. Diese successiven Senkungen oder Bewegungen der Gesteinsmassen, die durch Spalten getrennt sind, haben sich an einigen Orten sehr häufig wiederholt.

Digitized by Google

Wenn die Spalten mehr complicirt sind, so dass nicht nur die verschiedenen Höhlungen später durch die Einführung von Mineralmasse in die durch das blosse Gleiten der Gesteine auf einer Seite gebildeten erfüllt wurden, sondern auch Spalten die verschiedentlich in ihnen angehäuften Substanzen durchsetzen und nicht auf sie beschränkt sind, indem sie sich auf die benachbarten Gesteine auf jeder Seite erstrecken, und selbst die Wände in Stücke zerbrechen, und das Ganze wieder von neu eingeführter Mineralmasse cementirt ist, so erfordert das Studium des Inhalts solcher Spalten nicht geringe Vorsicht. In solchen Fällen führt ein sorgfältiges Suchen nach den durchsetzten Substanzen gewöhnlich zu der gewünschten Einsicht, besonders wenn man sie mit anderen Erscheinungen verbindet, die man durch die Spalten in den anliegenden Gesteinen erhalten kann. Wenn in dem folgenden Durchschnitt, Fig. 303, *r r* die Gesteine auf jeder Seite eines Ganges darstellt,

Fig. 303.



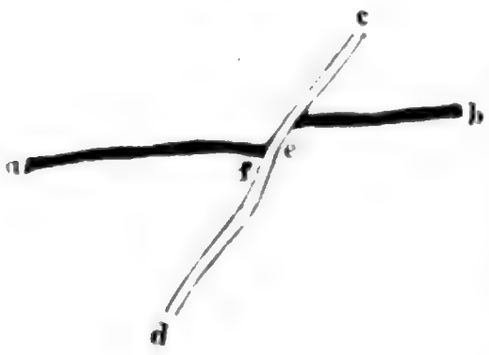
a Quarz oder andere Krystalle, die die Ausfüllung einer jetzt von ihnen eingenommenen getrennten Höhlung zeigen, *b* eine andere und ähnliche Art des Vorkommens von irgend einem krystallisirten Mineral, *c* Kupferkies, oder irgend eine Substanz, die von einer anderen *e* durch eine polirte und gestreifte Oberfläche (einen Gangspiegel) *d* getrennt, und das Ganze von einer Ader irgend eines anderen Körpers *f g* durchsetzt ist, wie z. B. Zinkblende, dann würde, unabhängig von dem Beweis für getrennte Bewegungen, wie sich aus den zwei Reihen krystallisirter Substanzen *a* und *b* und der polirten und gestreiften Oberfläche *d* zwischen den Substanzen *c* und *e* ergiebt, sich eine andere Bewegung aus der Ader des Minerals *f g* ergeben, besonders wenn, wie in der Figur, eine kleine Verrückung der verschiedenen Substanzen mit Einschluss der Wände des ursprünglich getrennten Gesteins, stattgefunden hat. Auf diese Weise scheinen oft viele Zersetzungen der zuerst in Spalten eingeführten Substanzen stattgefunden zu haben, während neue und verschiedene Mineralmassen eingeführt wurden.

Wir haben bis jetzt vorausgesetzt, dass die successiven Bewegungen in Ebenen stattgefunden haben, die entweder denen der ursprünglichen Brüche entsprechen, oder nicht weit von ihnen entfernt sind. Wie gezeigt wurde, durchsetzen Gänge einander in beträchtlichen und selbst rechten Winkeln; eine Serie ist nach der anderen gebildet worden, wie durch den Inhalt eines Ganges bewiesen wird, der Theile von den Wänden des anderen bildet. In solchen Fällen ist das Studium von Veränderungen, welche in den durchschnittenen Gängen stattge-

Digitized by Google

funden haben, von grossem Interesse für sich allein, und noch mehr so, wenn man es mit Modificationen verbindet, welche man in dem Inhalt des durchsetzenden Ganges gefunden hat. Es findet sich bisweilen, dass die Mineralmasse in dem durchsetzten Gange sehr modificirt ist, so dass sie unabhängig von einer Entfernung ihrer Theile in die neue Höhlung, wie in der folgenden Fig. 304, erscheint, wo der Gang *a b*, der in einem beträchtlichen Winkel von einem anderen *c d* durchschnitten ist, und eine Bewegung gewisser Substanzen von *f* nach *a* stattgefunden hat, so dass wenn der Gang *c d* wieder entfernt würde, die getrennten Theile sich nicht bis zu dem Grade entsprechen, wie sie es vor der neuen Zerreissung gethan haben. Wenn die Mineralmasse offenbar an der einen Seite bewegt wurde, und der Bergmann das Erz auf der anderen Seite sieht, so wird dies sogleich offenbar; aber es wird sich der Mühe verlohnen, die Gänge nicht nur in Bezug auf Erz, sondern auch auf alle durchsetzten Substanzen zu studiren. Es ist ebenfalls wichtig, seine Aufmerksamkeit auf die Ablagerung von irgend welchen Substanzen oder grösseren Massen von ihnen zu richten, wo die Wände von dem Inhalt einer zuerst gebildeten Spalte gebildet sind, da diese dann die Lage von ungleichen Gesteinen einnehmen und günstig oder ungünstig für die Ablagerung irgend einer gegebenen Substanz sein können, mögen dieses nun die Erze nützlicher Metalle oder andere Substanzen sein. In manchen Grubendistricten findet man gewisse Mineralsubstanzen häufiger, wo ein Gang einen anderen durchsetzt oder innerhalb mässiger Entfernung von der Durchsetzung, als anderswo in solchen Gängen.

Fig. 304.

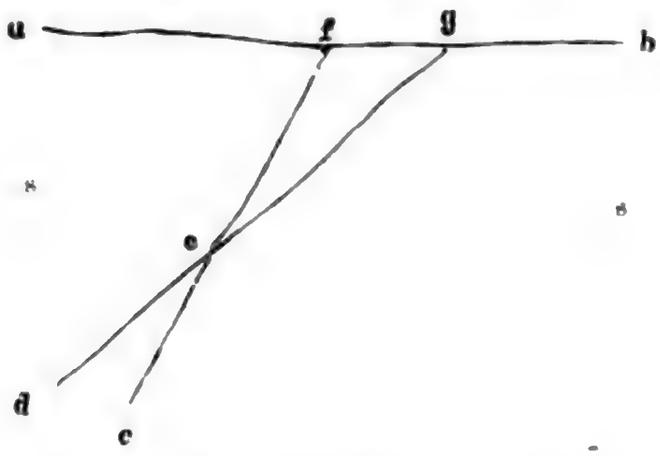


Bei Untersuchungen dieser Art muss man die in Grubendistricten in verschiedenen Theilen der Welt so häufig beobachtete Thatsache beachten, dass wo zwei oder mehr Gänge in einem mässigen Winkel zusammentreffen, die in ihnen gesuchten Gesteine gewöhnlich häufiger als anderwärts vorkommen. Dies ist zwar keineswegs constant, indessen ist die Zahl der Fälle, wo dies stattfindet, so beträchtlich, dass die Thatsache überall die Aufmerksamkeit der Bergleute auf sich gezogen hat. Dieser Umstand ist sowohl beobachtet worden, wenn die Spalten sich einander etwas horizontal durchschneiden, wie in Fig. 305, welche einen verticalen Durchschnitt der Gänge der East-Wheal-Crinnis-Grube in Cornwalls darstellt, als wo sie sich einander etwas horizontal durchetzen, wo ein Grundriss, wie dieser Durchschnitt, für viele Beispiele ebenfalls hinreicht.

Digitized by Google

a nördliche, *b* südliche Oberfläche des Landes; *fe* nördlicher Gang, *g d* Iron-Shaft-Gang; *c* ihre Durchsetzung, wo die Erzmittel reicher

Fig. 305.



wurden; *s s* von den Gängen durchsetzter Schiefer. Selbst ein in den Gang eingeschlossenes grosses Stück des benachbarten Gesteins (englisch *horse* genannt) hat mehr Erz an den scharfen Enden des Fragments als in anderen benachbarten Theilen geliefert.

Wenn der Geognost die Infiltration von Lösungen in Höhlungen verschiedener Art ins Auge fasst, mögen nun solche Lösungen bloss von den anliegenden oder benachbarten Gesteinen herrühren, oder aus anderen Quellen kommen, ferner die Ablagerungen verschiedener Mineralsubstanzen in solchen Höhlungen unter den erwähnten Verhältnissen, sowie die Auswahl, welche sie unter gewissen Gesteinen treffen, die verschiedenen Modificationen und Veränderungen, welche die Anordnung der verschiedenen Arten von Mineralien an solchen Orten erlitten hat, so wird er wahrscheinlich das grosse Interesse anerkennen, das dieser Gegenstand darbietet, während zu gleicher Zeit seine Untersuchungen einen wichtigen praktischen Werth in Beziehung auf die Entdeckung und Gewinnung von so vielen für den Fortschritt der Menschheit werthvollen Substanzen haben.

Theilweise Entfernung oder Denudation der Gesteine.

Obgleich schon öfter der theilweisen Entfernung von Gesteinsablagerungen verschiedener geologischer Zeiten gedacht, und dieselbe der Thätigkeit der Brandung an Küsten, der Zersetzung verschiedener Gesteine durch atmosphärische Einflüsse und ihrer Erosion und späteren Wegführung durch fliessendes Wasser zugeschrieben wurde, so müssen doch noch einige Worte über die geologische Bedeutung der Denudation gesagt werden. Betrachtet man sie mit Rücksicht auf die Ursachen der partiellen Entfernung von Gesteinsablagerungen, so giebt es wenige Dinge, die nicht nur mit der jetzigen, sondern auch mit vielen früheren

Digitized by Google

Verhältnissen der Erdoberfläche in verschiedenen Gegenden im Zusammenhang stehen, welche dem Geognosten eine deutlichere Vorstellung von den langen Zeiträumen gewähren können, die zur Erklärung der beobachteten Thatsachen nöthig sind. Macht man jedes Zugeständniss für die Abschwemmung und Wegführung einer ungeheuren Masse von Gesteinssubstanzen durch atmosphärische Einflüsse, so erinnern die Art der Ausgleichung und Nivellirung von grossen Flächenräumen und die Isolirung von Massen von verschiedenen Dimensionen, die wie Inseln vor einer aus ähnlicher Ablagerung gebildeten Küste stehen, von der sie bloss losgetrennte Theile sind, den Beobachter so lebhaft an die Thätigkeit der Brandung an einem Meeresufer, dass es sehr schwierig ist, den Schluss zu vermeiden, dass die geologische Denudation hauptsächlich von dieser Ursache der Abreibung abhängt.

Da das Vorhandensein von Land und Wasser zur Erklärung der Bildung und Vertheilung von Detritus in allen geologischen Zeiten nothwendig ist, und da die Ebbe und Fluth, oder ihr Fehlen durch die Wirkung derselben Ursachen, wie gegenwärtig, während desselben Zeitraums hervorgerufen wurden, so scheinen die Ursachen für die Zerstörung und Entfernung von Land immer dieselben gewesen zu sein wie jetzt. Da indessen, mit Ausnahme von solchen Bewegungen, wie die von Erdbeben, Winde die Ursache sind, dass die Wellen sich an der Küste brechen, so sind diese auch die Ursache einer beständigen Bewegung des Wassers, wo sein Niveau das Land durchschneidet, und welche hinreicht, die nöthige Abschwemmung hervorzubringen. Da die Winde des heutigen Tages in ihrer Richtung im Allgemeinen durch die Thätigkeit der Sonne auf die Erde und die Bewegungen der letzteren um ihre Axe bestimmt werden, so muss man bedenken, ob die erstere jemals mehr oder weniger intensiv gewesen ist, als jetzt (angenommen, dass die Geschwindigkeit der letzteren immer dieselbe war), oder ob gegenwirkende oder modificirende Einflüsse, wie eine hinreichend hohe Temperatur der ganzen Oberfläche unseres Planeten, welche die jetzigen Verschiedenheiten der von der Sonne herrührenden Hitze verhinderte, eine wesentliche Wirkung in dieser Richtung hatten. Man muss deshalb untersuchen, ob Wirkungen der Brandung in verschiedenen und besonders in älteren geologischen Zeiten stattgefunden haben. Die erwähnten Thatsachen von alten Ufern in der Mitte von silurischen Ablagerungen genügen zum Beweise, dass damals, wie jetzt, die Brandung ihre Thätigkeit am Ufer ausübte. Da man Beweise von ähnlichen Wirkungen in verschiedenen geologischen Perioden hat, so dürfen wir versichert sein, dass von den frühesten Zeiten an, wo die Reste von Meeresgeschöpfen in sedimentären Ablagerungen begraben wurden, bis zu der heutigen Zeit, die Thätigkeit der Brandung wirksam war.

Hat sich der Geognost vergewissert, dass diese Thätigkeit ein wichtiges geologisches Agens während eines langen Zeitraums gewe-

Digitized by Google

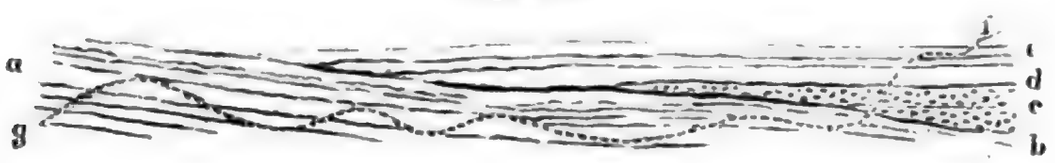
sen ist, so kann er fragen, ob es Beweise giebt, dass grosse Küsten besonders der Einwirkung des Oceans ausgesetzt gewesen sind. Angenommen, dass Winde die gewöhnlichen sich am Ufer brechenden Wellen hervorbringen, und dass die jetzigen Ursachen der Lage von Land und Meer weit in die geologische Zeit zurückreichen, so müsste die Zerstörung unter sonst gleichen Bedingungen um so grösser sein, je mehr gegebene Küsten vorherrschenden und heftigen Winden ausgesetzt waren. Dadurch wird das Studium der Denudation im Zusammenhang mit den Beweisen für eine bestimmte Vertheilung von Land und Meer in verschiedenen geologischen Zeiten und besonders in Bezug auf die Richtung, in welcher grosse Theile des Oceans in einer von diesen Zeiten gelegen waren, von grosser Wichtigkeit. Es ist uns oft bei der Untersuchung der geologischen Structur verschiedener Theile von England aufgefallen, wie lang die Zeit gewesen sein muss, während welcher die verschiedenen Modificationen der Küsten die auf die Erhebung oder Depression des Areals in verschiedenen Perioden über und unter den Spiegel des Meeres folgten, einem solchen Ocean, wie das Atlantische Meer im Westen, ausgesetzt oder vor ihm geschützt waren. Die Lage der Conglomerate aus der Zeit des bunten Sandsteins, die sich gegen und um die älteren Gesteine der Mendipberge und Theile des benachbarten Landes legen (Fig. 175), erinnern den Beobachter lebhaft, dass sie einer beträchtlichen Wassermasse im Westen ausgesetzt waren. Bei Landflächen, die von verschiedenen Denudationen in jüngerer Zeit zurückgeblieben sind, ist der Eindruck, dass sie einer grossen Wassermasse von Westen her ausgesetzt waren, noch grösser, indem sich Klippen im Binnenlande gerade an der Stelle darbieten, wo man sie erwarten würde und sich selbst der vom hervorstehenden Lande gewährte Schutz findet. Wenn man die jetzigen Böschungen der Oolithreihe mit Einschluss des Lias, wie sie einen verhältnissmässigen Schutz im Osten des Hochlandes von Wales bis zu dem englischen Canal gefunden haben, betrachtet, so wird alsbald, selbst wenn man alle späteren aus atmosphärischen Einflüssen entstehenden Veränderungen ins Auge fasst, die Art des Vorkommens der alten Klippen und ihr Charakter je nach dem grösseren oder geringeren Schutz durch die Mendipberge und andere Erhöhungen desselben Charakters auffallen, welche die Kraft der grossen atlantischen Wellen, die sich an einer solchen weit ausgedehnten Küste brechen, modificiren.

Die Entfernung eines Theiles der Ablagerungen verschiedener Perioden, die so weit zurückgehen, wie die Zeiten der cambrischen Bildungen in England, ist etwas sehr Beträchtliches und muss nach Tausenden von Cubikmeilen von Mineralmassen gemessen werden. In Irland ist die Entfernung der silurischen Gesteine vor den Conglomeraten des *old red* sehr bedeutend. Grosse Flächen wurden dort offenbar durch Denudation vor oder in dieser Zeit

abgeschwemmt, die damals in Theilen dieses Landes vorhandenen granitischen Erhöhungen wurden ebenfalls erniedrigt, und weil sie von jener Periode an bis in die jetzige der Abreibung und dem Substanzverlust ausgesetzt waren, wenn sie innerhalb die Wirkung der Brandung kamen oder unter den Einfluss der Atmosphäre geriethen. Bei der Betrachtung solcher Massen von Mineralstoffen hat man deshalb die Resultate von vielen partiellen Entfernungen von Gesteinsablagerungen vor sich und sieht bloss die Reste von vielen Modificationen der Oberfläche, die durch Denudationen während eines langen Zeitraums hervorgebracht wurden.

Bei der Würdigung der Masse von Material, welche entweder von eruptiven Gesteinen oder von sedimentären Ablagerungen entfernt wurde, ist bisweilen grosse Sorgfalt nöthig, so dass man eine richtige Einsicht in die wahrscheinliche frühere Lagerung der Theile erhält. Dies ist besonders nothwendig, wenn eine Reihe von Ablagerungen oder einzelne Abtheilungen sich über eine andere oder über einzelne Theile von ihnen selbst erstrecken oder sie verbergen, indem bei der Annahme von Ablagerungen in Richtungen, wo sie niemals vorhanden waren, weit grössere Massen entfernt worden sein mussten, als der Fall gewesen ist. Z. B. kommt der alte rothe Sandstein von Herefordshire, Süd-Wales und im südlichen Irland so vor, dass, im Ganzen betrachtet, der höhere Theil allmälig über verschiedene ältere und unterliegende Schichten in einer südlichen und westlichen Richtung übergriff, und eine relative Senkung des Landes und Meeresgrundes in dieser Richtung wahrscheinlich die Ursache des Uebergreifens gewesen ist. In einem solchen Falle muss die wahrscheinliche Verbreitung und Grenze der Bedingungen für die Ablagerungen des höheren Theiles des alten rothen Sandsteins sorgfältig ermessen werden, so dass man nicht auf die Entfernung von Massen schliesst, die niemals abgelagert wurden. Glücklicherweise sieht man im südlichen Pembrokeshire die Ausdehnung des alten rothen Sandsteins in der Zeit der Ablagerung des Kohlensandsteins desselben Districtes deutlich in Slebech, wo der letztere über den Sandstein übergreift, und auf gleiche Weise kann man bei Haverfordwest in derselben Grafschaft die Ausdehnung des Kohlenkalks zur Zeit der Ablagerung des unteren Theiles der Kohlenflötze an dem Uebergreifen der letzteren über die ersteren beobachten. Der folgende Durchschnitt, Fig. 306, beweist, wie nothwendig Vorsicht hierin ist. Wenn *a b* eine Reihe von aufeinanderfolgenden sedimentären Ablagerun-

Fig. 306.



Digitized by Google

gen darstellt, die unter Verhältnissen gebildet wurden, unter welchen sie sich vollständig einander decken konnten, so weit es den in dem Durchschnitt dargestellten Flächenraum betrifft, und *c d e* andere Ablagerungen sind, die gebildet wurden, nachdem eine Bewegung in der Richtung von *b* das Ende der Ablagerungen erniedrigt hatte, so dass *c d e* nach einander in parallelen Ebenen gebildet wurden, aber in einem Winkel mit der von *a b*, so würden die weiteren Ausdehnungen von *c d* und *e* in der Richtung von *a*, indem sie durch Ursachen, wie z. B. eine Küstenlinie und ihre allmälige Submersion unter ein Meeresniveau in dieser Richtung, nachdem die erste Bewegung die unteren Gesteine *a b* nach *b* hin erhoben hatte, sich allmälig darüber hin ausbreiten oder übereinander nach *a* hin übergreifen. Wenn jetzt durch eine nachfolgende Wirkung der Brandung durch atmosphärische Einflüsse und die endliche Erhebung der Masse, wie sie sich jetzt findet, eine Oberfläche blossgelegt wird, die der Linie *f g* entspricht, so würde man einen Durchschnitt der folgenden Art, Fig. 307, erhalten, der ohne sorgfältige Auf-

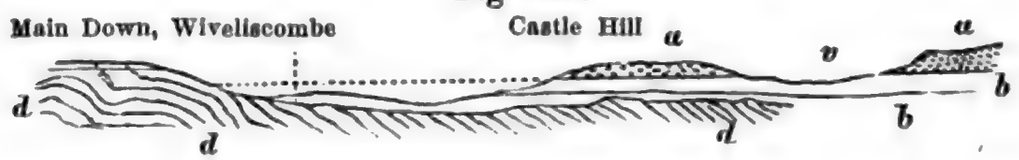
Fig. 307.

merksamkeit auf die allgemeine geologische Structur des Landes in Bezug auf die frühere Ausdehnung der Schichten *c d e* nach *a* hin sehr täuschend ist, da man annehmen könnte, dass eine grosse Masse Land in jener Richtung von ihnen entblösst und Gesteinsmassen entfernt worden seien, welche niemals existirten.

Es wird darum wesentlich, wenn man die durch Denudation entfernten Gesteinsmassen zu schätzen sucht, sorgfältig die Wahrscheinlichkeit der Verhältnisse abzuwägen, unter welchen sich die als entfernt angenommenen Ablagerungen einst erstreckt haben. Wir können hier wieder mit Vortheil auf das kleine in der Karte der Mendipberge und des benachbarten Landes (Fig. 175) dargestellte Areal verweisen. Ueber den Theil des Landes, wo der rothe Mergel und bunte Sandstein (5) die Oberfläche einnimmt, sieht man mehrere isolirte Ablagerungen von Lias (6). Diese kleinen Ablagerungen sind bloss die Reste von Schichten, welche einst im Zusammenhang die früheren Ablagerungen bedeckten, und die Hauptmasse des Lias verbanden, welche man auf dem südlichen Theile der Karte sieht. Wir haben früher die Art der Ablagerung dieses Lias und seine Modificationen, wo er an das Festland der damaligen Zeit angrenzte, erwähnt. Es genügt hier die Bemerkung, dass, während dieses Gestein dergestalt in der Nähe der Mendipberge modificirt wurde, dasselbe sich mit den gemeinsamen Merkmalen in anderen Richtungen erstreckte, indem es sich stellenweise

an verschiedenen anderen Orten über die früheren und untenliegenden Gesteine zerstreut findet, als Reste eines grossen, einst von dieser Ablagerung eingenommenen Flächenraums. Wie mit dem Lias, so verhält es sich auch mit den Ablagerungen, welche unmittelbar darauf folgten, die des unteren Ooliths (7 Fig. 175), von dem man ebenfalls getrennte isolirte Theile auf den älteren Gesteinen sieht, welche zu einer zusammenhängenden Ablagerung in einem Meere gehörten. Ein kleines Inselchen von unterem Oolith sieht man im linken Winkel der Karte (Fig. 175), und bei Karten in grösserem Maassstabe finden sich noch andere bei Dundry und Brent Knoll. Durch sorgfältige Untersuchung findet man, dass die Art des Vorkommens ihrer Schichten auf ihre Endigung in keiner grossen Entfernung nach Westen deutet, so dass man, wenn man die durch Denudation in dieser Richtung entfernten Mineralmassen mit Berücksichtigung der allgemeinen Structur des Districtes betrachtet, die wahrscheinliche Endigung dieser Gesteine nach Westen im Auge behalten muss. Zur Erläuterung der Denudation gegen das Ende von Ablagerungen diene der folgende Durchschnitt Fig. 308. Es ist ein Durchschnitt des Landes bei Wiveliscombe in

Fig. 308.



Somersetshire. *d d* sind Gesteine der devonischen Reihe, die vor der Ablagerung der Sandsteine *b* von der Buntsandsteinreihe dieses Districtes und eines Conglomerats *a a*, welches aus abgerundeten Stücken der benachbarten verworfenen Gesteine *d d* besteht und durch Dolomitmasse verkittet ist, aus ihrer Lage gebracht und abgeschwemmt wurden. In diesem Falle ist der frühere zusammenhängende Theil des Conglomerates *a a* und eines Theiles der Sandsteine darunter *b* durch Denudation nicht nur aus dem kleineren Thal *v*, sondern auch aus der grösseren Fläche, die zwischen Main und Castle Hills ausgehöhlt wurde, entfernt worden. Die Conglomerate *a* sind auf diese Weise gleichsam von der Quelle ihrer Gerölle, dem Lande nach Main Down hin, abgeschnitten worden, indem der zurückgebliebene Theil nur der Rest von einer einst zusammenhängenden Ablagerung von ihnen ist, die wahrscheinlich längs einer Küstenlinie stattfand, welche in jener Zeit in einer kurzen Entfernung nach Westen existirte.

Trotz dieser in unserer Schätzung der Masse von Ablagerungen, die in einigen Districten entfernt wurden, nöthigen Modificationen bleibt bei anderen oft eine so grosse Lücke in der Verbindung, welche offenbar einst zwischen Theilen von Ablagerungen existirte, dass die entfernten Theile nur nach einer beträchtlichen Menge von Cubikmeilen der fehlenden Mineralmasse gemessen werden können. Die Aus-

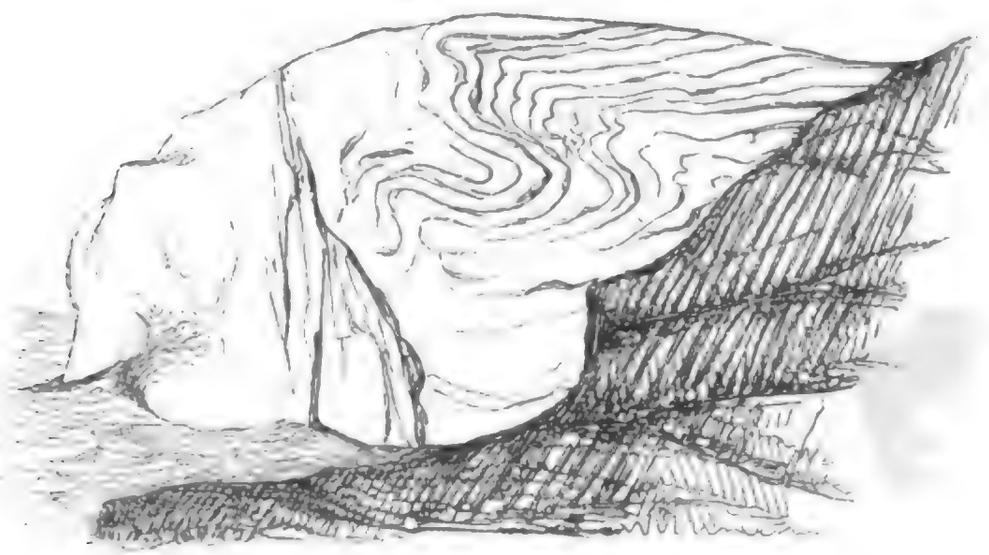
Digitized by Google

gleichung der Oberflächen von selbst höchst verworfenen Ablagerungen, deren Theile verschiedentlich fest sind und offenbar diesen Charakter besassen, als sie abgeschwemmt wurden, findet sich sehr häufig. Die Küsten des nördlichen Devonshire, wo die verschiedentlich consolidirten Schichten der unteren Steinkohlenformation so sehr gebogen und gefaltet sind, bieten dem Geologen ausgezeichnete Gelegenheit zur Beobachtung. Sie verhalten sich, wie in Fig. 309, wo *a b* das Meeres-

Fig. 309.

niveau ist und Klippen *c* entblösst sind, welche zahlreiche Biegungen zeigen, deren Fortsetzung man leicht durch die punktirten Linien über der jetzigen Oberfläche des Landes *d* und unter dem Niveau *a b* vervollständigen kann. Die Wichtigkeit von Klippen entweder im Binnenlande oder an der Meeresküste zur richtigen Schätzung der von einem Districte entfernten Masse, der keine sehr grossen Unterschiede von Erhebung und Einsenkung der Oberfläche darbietet, ist sehr beträchtlich. Ohne diese bleibt man oft unwissend über den wahren Grad von Beugung und Faltung, die geebnet und unter den gewöhnlichen glatten und entblössten Oberflächen verborgen sind. Fig. 310

Fig. 310.



liefert hiervon ein Beispiel; es ist eine Skizze von High Cove an der Nor küste von Cornwall von Trenance Point aus gesehen, welche einen Durchschnitt der harten Sandsteine der älteren Formationen des Landes darstellt, die wahrscheinlich durch dieselbe Art der grossen Atlantischen Brandung zerstört wurden, die jetzt einen weiteren Theil dieser alten Ablagerungen bis zu einem neuen Niveau einschneiden.

Beispiele von Denudation der Oberfläche über sehr beträchtliche Flächenräume findet man bei der Betrachtung von sorgfältigen, geolo-

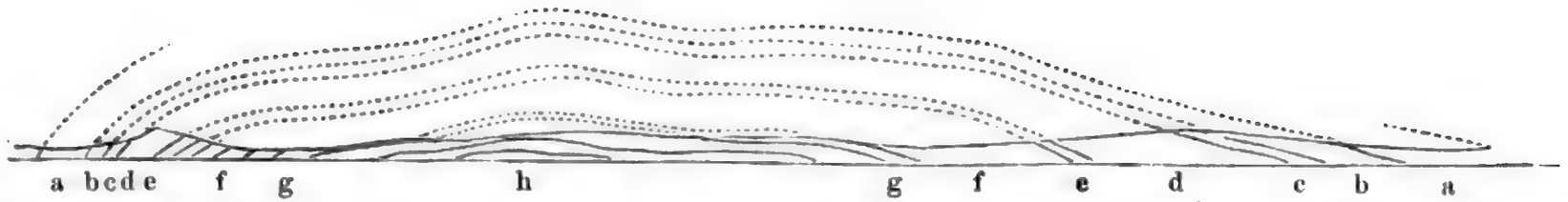
Digitized by Google

gischen Karten verschiedener Länder; für sich genommen, ohne sorgfältig construirte Durchschnitte und eine gehörige Rücksicht auf die oben erwähnten Umstände, lässt sich aus ihnen gewöhnlich keine genaue Schätzung entnehmen. Wir können allerdings schliessen, wenn wir, wie in Orleigh Court bei Bideford in Devonshire, einen Theil der unteren Abtheilung der Kreideformation finden, welche alle wesentlichen Charaktere derselben Abtheilung, die weiter nach Osten zu an den Black Down Hills in einer Entfernung von 42 englischen Meilen ansteht, besitzt, dass das ganze zwischenliegende Land meist mit dem Sand und Hornstein bedeckt war, aus denen diese Abtheilung der Kreideformation in diesem Theil von England besteht, so dass man, wenn man einen gegebenen Flächenraum und die Mächtigkeit der Ablagerung nimmt, die Zahl von Cubikmeilen annähernd schätzen kann, welche durch Denudation entfernt wurden. Wenn man indessen eine gebogene oder gekrümmte Reihe von Schichten in einem beträchtlichen Flächenraume vor sich hat, so kann nur durch eine sehr sorgfältige Verfolgung dieser Biegungen und Krümmungen eine ungefähre Schätzung des entfernten Materials gemacht werden. Man muss hierbei nicht nur die Biegungen und Krümmungen gehörig nachweisen, wobei man etwaige Brüche an den äusseren Theilen der Biegungen berücksichtigt, sondern auch den Grad der stattgehabten Verwerfungen.

Mit Berücksichtigung der Beobachtung bei der geologischen Aufnahme von England hat Ramsay gezeigt, dass eine ungeheure Masse von Material von Süd-Wales und den benachbarten englischen Grafschaften durch Denudation entfernt worden ist, deren Grösse man bis zu einem gewissen Grade schätzen kann. Aus der erhaltenen Mächtigkeit der verschiedenen Schichten der silurischen Gesteine und ihrer Krümmung in dem Districte von Woolhope, Fig. 311, schliesst er, dass wenn die jetzt entfernte Mineralmasse wiederhergestellt würde, so dass sie den Durchschnitt der Gesteine in der Zeit ihrer Biegung vervollständigt, so würde dies eine weitere Höhe von 3500 Fuss geben. Durch Anwendung derselben Schlussfolgerung für den alten, rothen Sandstein, den Kohlenkalk und die Steinkohlenformation des Districtes der Mendipberge findet Ramsay, dass eine weitere Masse von Ablagerungen von einer Mächtigkeit von 4000 Fuss über den Mendipbergen erforderlich ist, um die Stelle von Schichten auszufüllen, die durch Denudation entfernt wurden und eine andere von 5000 Fuss für die Denudation derselben Gesteine nördlich von Bristol. Die fehlende Masse über dem Thal des Towey bei Langadoc in Caermarthenshire schätzt er auf 10—11000 Fuss. Fig. 312 ist zur Erläuterung dieses Gegenstandes gegeben und zeigt die aufgerichteten Schichten des Kohlenkalks, des alten rothen Sandsteins und der silurischen Gesteine, die durch Denudation in den wenig erhobenen Districten von Süd-Pembrokeshire entfernt wurden. Aus diesen und anderen Berechnungen

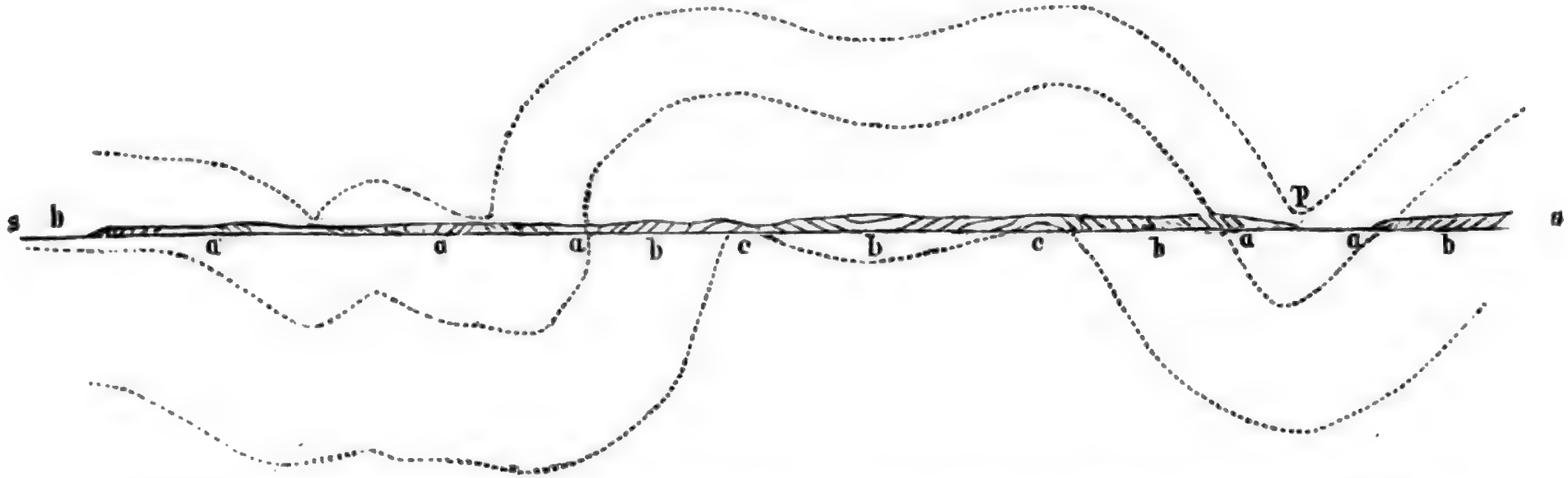
Digitized by Google

Fig. 311.



aa alter rother Sandstein, *bb* obere Ludlowgesteine, *cc* Aymestry Kalkstein, *dd* untere Ludlowgesteine, *ee* Wenlock Kalksteine, *ff* Wenlockschiefer, *gg* Wholehope Kalkstein, *h* Caradoc Sandstein.

Fig. 312.



ss Meeresniveau, *aa* Kohlenkalk, *bbb* alter rother Sandstein, *cc* silurische Gesteine, *P* Pembroke Creek, Klippe links, *Sb* St. Govan's head.

Digitized by Google

schliesst Ramsay in Bezug auf die silurischen Gesteine den alten rothen Sandstein und die Steinkohlenformation von Süd-Wales, dass es aus der einfachen Schätzung ihres Cubikinhaltes in dem jetzt von ihnen eingenommenen Flächenraume und wenn man zu diesem die durch Denudation entfernte und die unter dem Niveau des Meeres vorhandene Masse hinzufügt, unzweifelhaft ist, dass die Masse des zur Bildung dieser Schichten erforderlichen Materials viele Male grösser war, als die ganze Masse des festen Landes, welche sie jetzt über den Wellen darstellen.

Blickt man auf solche beträchtliche Denudationen, die man eben so leicht in vielen anderen und entfernten Gegenden wie in den kleineren erwähnten Districten sieht, und verbindet sie mit Hebungen und Senkungen des Landes, welche in allen geologischen Zeiten des Landes stattgefunden haben, die bisweilen langsam grosse Flächen über und unter den Spiegel des Meeres bewegten, bisweilen verschiedene Mineralablagerungen zu grossen Bergketten empordrängten und falteten, so liefert uns dieses den Beweis, nicht nur, dass die Erdoberfläche so lange in einem unsteten Zustande gewesen ist, sondern auch, dass die ganze Masse des Materials wiederholt zum Theil oder als ein Ganzes in der Bildung von Ablagerungen verwandt wurde, welche sich über verschiedene Flächenräume jeder Zeit verbreiteten, welche Ablagerungen entweder Versteinerungen führen oder ohne organische Reste sind, je nachdem die Bedingungen für die Erhaltung der Reste des thierischen und vegetabilischen Lebens von verschiedenen Zeiten vorhanden waren oder fehlten. Da Betrachtungen dieser Art einen Theil von denen bilden, welche zu den umfassendsten Ansichten führen, durch deren Hülfe wir die vergangenen Zustände unseres Planeten zu verfolgen uns bestreben, so können dieselben und die Classe, zu welcher sie gehören, nicht zu häufig dem Geiste des Geologen gegenwärtig sein, während sie die Aufmerksamkeit für die grösseren Probleme wach erhalten, zu deren Lösung man das nöthige Detail sammelt.

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Einleitung. Gesteinsarten — Reihenfolge der Gebirgsformationen . . . IX

Zersetzung von Gesteinen — Bildung des Bodens — Zersetzung des Feldspathes, Kaolin- und Thonbildung — Zersetzung granitischer Gesteine — Zersetzung des Augits und augitischer Gesteine — Verschiedene Widerstandsfähigkeit der Gesteine gegen Zersetzung — Zersetzung von Sand- und Kalksteinen — Einfluss der Structur und organischer Reste auf die Zersetzung — Zersetzung der Gesteine, welche Eisen enthalten — Einfluss der vegetabilischen Decke auf die Zersetzung . 1—12

Entfernung löslicher Gesteinstheile durch Wasser — Kalksteinbildung — Kalksteinbreccien — Kalksinter — Travertin — Mineralbestandtheile von Quell- und Flusswasser — Kochsalz in demselben — Analyse von Seewasser — Verschiedener Salzgehalt des Meeres — Kieselerde in Quellen und Bildung von Kieselsinter — Heisse Quellen — Quellen am Ausgehenden der Gesteine — Quellen in Folge von Verwerfungsspalten — Bildung von Grubenwassern — Ursachen der Bergschlüpfe 13—26

Fortführung von suspendirten Theilen durch Wasser — Bildung von Schuttkegeln — Specifisches Gewicht der Felsarten — Periodische Schuttablagerungen durch Flüsse — Ablagerung von Schutt in Thälern — Wirkung der Flüsse auf das Flussbett — Entfernung von Seen durch Wirkung der Flüsse — Bildung und Entleerung von Seen — Süsswasserablagerungen und Deltabildungen . . . . . 27—47

Wirkung des Meeres auf Küsten — Bewegende Kraft der Brandung — Unterschied zwischen Meeren mit und ohne Ebbe und Fluth — Ungleiche Zerstörung der Küsten — Geschiebebildungen — Bildung von Landzungen und Sandbänken — Dünenbildung . . . . . 48—63

Verbreitung und Ablagerung von Sediment in Meeren ohne Ebbe und Fluth — Mittelländisches Meer — Ablagerungen des Nils, des Po und der Rhone — Gleichzeitige Ablagerungen von Grand, Sand und Schlamm — Ablagerungen von vulkanischen Aschen und Rapillen im Meere — Ablagerungen im Schwarzen Meere und in der Ostsee — Meerbusen von Mexico und der Mississippi . . . . . 64—75

Ablagerung von Sediment in Meeren, welche Ebbe und Fluth haben — Barren an den Flussmündungen — Steigen und Einfluss der Gezeiten — Ablagerungen in Aestuarien — Delta des Ganges — des Niger — Ablagerungen an der Küste bei Swansea — Einfluss der Wellen — Form des Meergrundes um Grossbritannien — Einfluss der Strömungen — Specifisches Gewicht des Meerwassers — Vertheilung von Sediment über den Boden des Meeres — Temperatur des Meeres in verschiedenen Tiefen — Bildung der Insel Sabrina . . . . . 76—100

Chemische Niederschläge im Meere — Ablagerungen in dem Caspischen Meere und anderen Binnenseen — Kalkablagerungen — Bildung von Rogensteinen — Salze im Meere — Chemische Niederschläge brauchen nicht horizontal zu sein . . . . . 101—107

Digitized by Google

Seite

Erhaltung organischer Körper in Gesteinsablagerungen — Erhaltung von Pflanzen und pflanzlichen Stoffen — Braunkohlenbildung — Torfmoore — Der „schreckliche Sumpf" — Holzflösse im Mississippi — Thierische Reste auf dem Lande — Wirbelthiere — Knochenhöhlen und Ablagerungen in Seen — Insecten — Landschnecken — Wirkungen von vulkanischen Aschenschauern — Pompeji und Herculanum — Ablagerungen in Aestuarien — Fussspuren im Schlamm . . . . . 108—123

Organische Reste in Meeresablagerungen — Modificationen der Verhältnisse an den Küsten von Amerika — an den Küsten des Stillen Meeres — des Indischen Oceans — der Küsten von Afrika und Europa — des nördlichen Polarmeeres — Vertheilung des organischen Lebens im Meere — Einfluss der Temperatur und des Druckes — Einfluss des Lichtes und der Luftmenge — Untersuchungen von E Forbes in dem Aegäischen Meere — Tiefenzonen — Löven über die Mollusken von Norwegen — Tiefenzonen in den britischen Meeren — Ablagerungen organischer Reste in der Tiefe des Oceans — Erhaltung der organischen Reste an Küsten . . . . . 124—155

Korallenriffe und Koralleninseln — Verbreitung der Riffe bauenden Korallen — Analysen von Korallen — Keeling Atoll — Form der Koralleninseln — Barrenriffe — Laguneninseln — Insel Bourbon . . . . 156—171

Grosses Barrierriff von Australien — Korallenriffe im Rothen Meere — Verhältnisse, unter welchen sich Korallenriffe bilden — Einfluss vulkanischer Thätigkeit auf Korallenriffe — Zusammensetzung der Ablagerungen in Korallenriffen — Einfluss von Veränderungen in dem Niveau des Meeres und Landes — Riffe bei Bermuda . . . . . 172—198

Thätigkeit des Eises zur Fortschaffung von Mineralmassen — Höhe der Schneegrenze — Gletscher — Ursache der Bewegung der Gletscher — Moränen — Bewegung der Gletscher — Furchen und Glätten der Felsen durch Gletscher — Vorrücken und Zurückziehen der Gletscher — Gletscher des Himalaya . . . . . 194—207

Polargletscher, welche das Meer erreichen — Eisberge der nördlichen Polarzone und ihre Wirkungen — Gletscher und Eisberge der südlichen Polarzone — Eiswall des südlichen Eismeeres — Geologische Wirkungen der Eisberge des südlichen Polarmeeres — Gletscher von Süd-Georgien — Gletscher des südlichen Amerika — Transport von Detritus durch Flusseis — Geologische Wirkungen des Küsteneises — Wirkungen gestrandeter Eisberge — Allgemeine geologische Wirkungen des Eises 208—226

Einfluss einer allgemeinen Zunahme der Kälte — Wirkungen einer theilweisen Kältezunahme — Wirkungen von Senkungen und Erhebungen von Land in den nördlichen Ländern — Erratische Blöcke — Wirkung einer allmäligen Erhebung des Meergrundes, der mit Gesteinsblöcken und Detritus bedeckt ist — Wirkung einer allmäligen Senkung von England bei grösserer Kälte auf 1000 Fuss unter dem Meeresspiegel — Ausdehnung der Gletscher in den Alpen — Transport erratischer Blöcke durch Gletscher und Küsteneis — Erhebung von erratischen Blöcken und Geschieben durch Küsteneis — Erratische Blöcke der Alpen — Erratische Blöcke des nördlichen Europa — Erratische Blöcke in Nordamerika — Erratische Blöcke in Südamerika. . . . 227—245

Arctische Mollusken in oberflächlichem Detritus — Arctische Mollusken in den englischen Ablagerungen — Beweise für ein kälteres Klima in England — Erlöschen von Elephanten und Nashörnern im nördlichen Europa und Asien — Wahrscheinliche Lebensweise des Elephas primigenius und Rhinoceros tichorrhinus — Veränderungen von Land und Meer im nördlichen Europa — Verbreitung des erloschenen Elephanten des Nordens — Elephantenreste in Eschholz-Bai — Eisschichten unter sedimentären Ablagerungen — Gefrorener Boden von Sibirien 246—254

Knochenhöhlen und Knochenbreccien — Mammuthreste an den britischen Küsten — Frühere Verbindung von England mit dem Continent — Knochenhöhle von Kirkdale — Schlamm in Knochenhöhlen — Ge-

Digitized by Google

Seite

wöhnlicher Zustand dieser Höhlen — Menschenreste in Pavilandhöhle — Manche Höhlen waren von jetzt erloschenen Fleischfressern bewohnt — Menschenreste in Knochenhöhlen — Complicirte Ablagerungen in einigen Knochenhöhlen — Gerölle in Knochenhöhlen — Ablagerungen in unterirdischen Flussbetten — Knochenbreccie in Spalten — Veränderungen in dem Eingang zu den Höhlen — Vorkommen der Reste des Mastodon — Zusammenvorkommen mit denen des Mammuth — Rückzug und Vorrücken erloschener Thiere — Erloschene Säugethiere von Mittel-Frankreich . . . . . 255—271

Vulkane und ihre Producte — Ihre Höhe über dem Meere — Eruptionskrater — Versteinerungen führende vulkanische Aschen und Rapillen, welche über das Meeresniveau erhoben sind — Verschiedene Krater auf derselben Spalte — Vulkanische Ablagerungen unter Wasser — Vulkanische Gase und Dämpfe — Vulkanische Sublimationen — Geschmolzene vulkanische Massen — Fliessen der Lavaströme — Dämpfe und Gase in geschmolzener Lava — Plattung von Blasen in Laven — Lavaexcrescenzen durch das Entrinnen von Gasen — Vulkanische Kegel — Cotopaxi — Vulkane von Hawaii — Krater von Kilauea — Krater von Mauna Loa in Hawaii — Ascheneruptionen von Kilauea — Austritt von Lava aus Spalten auf Kilauea — Grosse Flüssigkeit der Lava auf Kilauea . . . . . 272—294

Ausbrüche des Vesuvs — Aetna — Island — Stromboli in beständiger Thätigkeit — Zwischenzeiten langer Ruhe — Plötzliche Entstehung des Jorullo — Plötzliche Entstehung des Monte Nuovo — Einsturz des Papandeyang auf Java — Unterirdische Seen mit Fischen — Entleerung von saurem Wasser aus Vulkanen — Plötzliches Schmelzen des Schnees auf Vulkanen — Trachyt und Dolerit — Specifisches Gewicht vulkanischer Gesteine — Chemische Zusammensetzung vulkanischer Gesteine — Verschiedene Schmelzbarkeit vulkanischer Mineralien — Sinken von Mineralien in flüssiger Lava — Plattenförmige Structur von Lavaströmen . . . . . 295—317

Zusammensetzung vulkanischer Aschen — Vulkanischer Tuff — Palagonittuff in Island — Mandelsteine — Isländische Thermen — Mineralbestandtheile der Quellen — Gyps — Alaun- und Schieferbildung — Schwefelkies — Alkalische Kieselerdequellen — Geyserphänomene — Spaltenausfüllungen durch geschmolzene Lava — Lava, aus Spalten hervorquellend — Richtung der Spalten in Vulkanen . . . . . 318—334

Wirkung des Meeres auf vulkanische Gase — Die Caldera auf der Insel Palma — Structur des Aetna — Form und Structur des Aetna — Ursprung des Val del Bove am Aetna — Vermischte geschmolzene Gesteine und Conglomerate — Modification von submarinen vulkanischen Ablagerungen — Santorin — Submariner Charakter der Gruppe von Santorin — Ruhige Ablagerungen im Innern der Santorin-Gruppe — Insel St. Paul — Wirkung der Brandung auf St. Pauls Insel — Verbreitung der Vulkane — Amerikanische Vulkane — Verschiedene Nähe der Vulkane am Wasser — Erloschene Vulkane — Basalt — Mineralogische Zusammensetzung des Basalts — Säulenstructur des Basalts — Gegliederte Basaltsäulen — Fingalshöhle auf Staffa . . . 335—356

Salsen oder Schlammvulkane — Exhalationen von Kohlenwasserstoff — Schlammvulkane von Baku, Taman und Kertsch — Schlammvulkane von Makaluba — Stickstoffquellen bei Taman . . . . . 357—361

Erdbeben — Zusammenhang zwischen Vulkanen und Erdbeben — Ausdehnung der Erdbeben — Bewegung der Erdbeben — Meereswellen, durch Erdbeben hervorgebracht — Fortpflanzung der Erdbebenwelle — Complicirt durch verschiedene Gesteinsbeschaffenheit — Locale Verbreitung von Erdbeben — Fortpflanzung der Erdbeben durch Bergketten — Spalten, während Erdbeben gebildet — Nachsinken von lockeren Detritusschichten, die an feste Gesteine angrenzen — Brandung der grossen Meereswelle an Küsten — Wirkungen von Erdbeben auf Seen

Digitized by Google

Seite

und Flüsse — Flammen und Dämpfe aus Erdbebenspalten — Erhebung und Senkung grosser Landmassen während Erdbeben — Erhebung der Küste von Chili durch Erdbeben — Wirkungen bei dem Runn von Cutch . . . . . 362—380

Langsame Erhebungen und Senkungen des Landes — Erhebung und Senkung der Küste bei Puzzuoli und anderer Plätze in der Bucht von Neapel — Erhebung und Senkung von Landmassen durch Zunahme oder Abnahme ihrer Wärme — Allmälige Senkung des Landes in Grönland — Bewegungen der Küsten im Mittelmeere — Unstetiger Zustand der Erdoberfläche . . . . . 381—389

Untermeerische Wälder und erhobene Ufer — Versunkene Wälder des westlichen Europa — Versunkene Wälder auf Ankerplätzen — Localitäten gesunkener Wälder — Reste von Säugethieren etc. in den Wäldern des westlichen Englands — Fussspuren von Hirschen und Ochsen zwischen den festgewurzelten Bäumen versunkener Wälder im südlichen Wales — Betrachtung erhobener Ufer mit Rücksicht auf die verschiedene Höhe der Fluth an den Küsten — Erhobener Strand bei Plymouth — Erhobener Strand bei Falmouth — Erhobener Meeresgrund bei New-Quay — Erhobene Dünen von Flugsand — Vertheilung von Detritus in dem englischen Canal und in dem Meere südlich von Irland — Schwierigkeit im Verfolgen von erhobenen Strandlinien . . 390—405

Temperatur der Erde — Temperatur artesischer Brunnen — Wärme des Wassers, welches durch Verwerfungsspalten u. s. w. eindringt — Veränderliche Temperaturen in Folge ungleicher Durchsickerung des Wassers durch die Gesteine — Temperatur des Wassers in Kalksteindistricten . . . . . 406—412

Art der Ablagerung sedimentärer und Versteinerungen führender Gesteine — Sedimentäre Gesteine sind hauptsächlich alter Meeresboden — Abwechslung von Schichten mit und ohne Versteinerungen — Verschiedene Art des Vorkommens von organischen Resten — Strandlinien an den Ufern aus den Zeiten der älteren und jüngeren Grauwacke und des bunten Sandsteins — Strandlinien aus der Periode des bunten Sandsteins in den Mendip-Bergen und in der Nähe von Bristol — Strandlinien aus der Zeit des Lias — Lias bei Shepton Mallet in Somersetshire — Lias, auf verworfenem Kohlenkalk aufruhend — Verschiedene Arten des Vorkommens des Lias — Uebergreifen des unteren Ooliths in den Mendip-Bergen — Land zur Zeit des Lias — Beweise für das Dasein von Land aus Süsswasserablagerungen — Wirkungen auf Küsten, Flüsse und Seen durch Erhebung des Landes — Erhebung von Land über einen weiten Flächenraum — Ungleiche Erhebung des Landes — Seen in der Nähe von Gebirgen . . . . . 413—434

Verschiedene Wirkungen der Senkung — Mischungen organischer Reste aus verschiedenen Perioden, bisweilen durch eine Senkung des Landes herbeigeführt — Wirkungen von Senkung von grossen Flächen des jetzigen Festlandes — Beweise dafür aus Steinkohlenflötzen — Stigmarienschichten in der Steinkohlenformation — Pflanzenstämme in der Lage ihres Wachsthums in der Kohlenformation — Ausfüllung von hohlen verticalen Stämmen und ihre Vermengung mit umhergestreuten Pflanzen — Wachsthum von Landpflanzen in auf einander folgenden Ebenen — Dicke der Kohlenflötze von Südwales — Falsche Schichtung in den Sandsteinen der Steinkohlenformation — Oberflächen von Sandsteinen der Steinkohle — Ausdehnung der Kohlenschichten — Theilweise Entfernung von Kohlenschichten — Erosionscanäle in Kohlenschichten im Dean Forest — Zeitverlauf während der Ablagerung der Kohlenflötze — Reste von Meeresthieren in einem Theile der Steinkohlenformation — Allmälige Senkungen von Deltaland — Fossile Bäume und alte Bodenoberflächen in Portland — Verhältnisse, unter denen sich der alte Boden bildete — Ablagerung der Wälderthonformation im Südosten Englands — Uebergreifen der Kreideschichten in England —

Seite

Fussspuren luftathmender Thiere auf den Oberflächen der Gesteine — Abdrücke von Regentropfen auf den Gesteinen — Erhebung oder Senkung des Meeresbodens — Charakter der Oberflächen der Gesteine — Frictionsstreifen auf Gesteinsoberflächen — Wirkungen von Erdbeben auf Meeresboden — Diagonale Lagerung der kleineren Schichtentheile bei sedimentären Gesteinen — Art des Vorkommens organischer Reste — Vertheilung organischer Reste — Wirkungen der Senkungen und Hebungen des Landes auf die Vertheilung organischer Reste mit Rücksicht auf die verschiedenen Arten von Meeresboden . . . . . 435—481

Feurige Producte früherer Zeit als die heutigen Vulkane — Einfache Substanzen, die in feuergebildete Gesteine eintreten — Vulkanische Producte zwischen den älteren Gesteinen — Aeltere feuergebildete Producte in England — Versteinerungen in feuergebildeten Producten — Vulkanischer Tuff und Conglomerate zwischen den silurischen Ablagerungen von Wales und Irland — Devonische Gesteine im südwestlichen England — Eruptive Gesteine in Verbindung mit dem Bergkalk von Derbyshire . . . . . 482—491

Relatives geologisches Alter der Granite von Wicklow und Wexford — Ungewisses Alter vieler eruptiver Gangausfüllungen — Verbreitung der unter dem Namen Elvangänge bekannten Granit- und Porphyrgänge — Feuergebildete Gesteine in dem unteren Theile der Buntsandsteingruppe in Devonshire — Elvangänge von Wicklow und Wexford — Chemische Zusammensetzung feuergebildeter Gesteine — Wirkung des Kalksilicats in eruptiven Gesteinen — Vorkommen der Granite im südwestlichen England und südöstlichen Irland — Umrisse des Granitzugs von Wicklow . . . . . 492—504

Granitgänge — Chemische Zusammensetzung der granitischen Gesteine — Schörlgranite — Leichte Bedeckung des Granits durch die älteren Gesteine — Serpentin und Gabbro von Cornwall — Serpentin von Anglesea — Serpentin und Olivin — Aehnlichkeiten und Unterschiede zwischen den granitischen und Hornblendegesteinen — Verschiedene Schmelzbarkeit feuergebildeter Gesteine — Modificationen der Masse feuergebildeter Gesteine — Ausserwesentliche Gemengtheile der gewöhnlichen feuergebildeten Gesteine — Allgemeiner Charakter feuergebildeter Gesteine . . . . . 505—517

Festwerden und Lagerung der Gemengtheile von Gesteinen — Festwerden sedimentärer Gesteine — Lagerung der Bestandtheile von kalkiger und thoniger Ablagerung — Lagerung von gleichartiger Masse in Nieren — Knollen von phosphorsaurem Kalk in Gesteinen — Kugelige Concretionen in den silurischen Gesteinen — Schwefelkieskrystalle in Thon und Schieferthon — Modificationen in der Structur der Gesteine durch Temperaturveränderungen — Verschiedener Festigkeitszustand sedimentärer Ablagerungen — Wichtigkeit der Kieselerde und der Silicate — Veränderung von Gesteinen im Kleinen durch Hitze — Krystallinische Veränderungen der Gesteine — Veränderungen von Gesteinen in der Nähe granitischer Massen — Bildung von Mineralien in veränderten Gesteinen — Glimmerschiefer und Gneus — Spaltbarkeit und Zerklüftung der Gesteine — Transversale Schieferung in Schieferthonen und Kalksteinen — Untersuchungen über die Ursache der transversalen Schieferung — Transversale Schieferung im Grossen — Richtung der transversalen Schieferung durch gebogene Gesteine — Doppelte transversale Schieferung — Alter der Schieferung — Verlängerung und Verunstaltung organischer Reste durch Schieferung — Klüfte in Gesteinen — Richtungen der Klüfte — Klüfte im Granit — Klüfte in den Sedimentärgesteinen — Klüfte in Conglomeraten und in Kalksteinen — Bewegung der Gesteine nach der Zerklüftung — Complication von Schichtung, Klüftung und Schieferung . . . . . 518—549

Biegung, Krümmung und Zerreissung der Gesteine — Vergleichung des Erdradius mit der Höhe der Berge — Das Volumen der Erde im Ver-

Digitized by Google

Seite

gleich zu dem der Bergketten — Folgen eines sich langsam abkühlenden Sphäroids — Richtung der Bergketten — Verhältnisse, die die Obliteration und Erhaltung der Bergketten bewirken — Beweise für einen Seitendruck in den Gebirgen — Biegung und Faltung der Schichten in den Alpen — Proportionaler Durchschnitt der Alpen — Feuergebildete Gesteine zwischen gebogenen Schichten — Krümmung der einzelnen Theile der Schichten — Verwerfungsspalten — Bildung und Richtung von Spalten — Beweise für das Alter von Spalten — Trügerisches Ansehen durch eine Bewegung, welche verschiedene Spalten verwirft — Spalten, die sich an ihren Enden theilen — Streichen der Erzgänge und gewöhnlichen Spalten im südwestlichen England — Verwerfungen im südwestlichen England — Erhaltung von Ablagerungen durch Verwerfungen — Complicirte Verwerfungsspalten . . . . . 550—580

Ausfüllung von Spalten und anderen Höhlungen mit Mineralien — Bleiglanz u. s. w. als Versteinerungsmittel — Löslichkeit und Ablagerung von Mineralien in Spalten — Erhitzte tiefe Spalten unter dem Meere — Aehnliche Substanzen in Erzgängen und Mineralquellen — Häufiges Vorkommen von Schwefel, Arsenik — Wirkung und Gegenwirkung von Substanzen auf einander in Spalten und Höhlungen — Beschaffenheit von Erzgängen, welche Elvangänge in Cornwall durchsetzen — Einfluss der verschiedenen durchsetzten Gesteine auf den Erzgehalt der Spalten — Erzablagerungen in Klüften — Carglazer Zinnmine in Cornwall — Verschiedenes Alter der Erzgänge — Modificationen in dem Inhalt von Erzgängen nach dem Fallen und Streichen — Umwandlung des Bleiglanzes und der Zinkblende im Carbonate — Bedeckung der Wände von Spalten durch Schichten von Mineralien — Bekleidung von Spalten durch ungleiche Substanzen — Mehrere Bewegungen in denselben Spalten — Gleiten der Seiten der Spalten auf den ausfüllenden Massen — Brüche durch den mineralischen Inhalt von Spalten — Modification des Inhalts der Spalten beim Kreuzen von Gängen — Wirkungen auf den Inhalt der Spalten, die in kleinen Winkeln sich begegnen oder kreuzen . . . . . 581—608

Theilweise Entfernung oder Denudation der Gesteine — Grosse Denudation durch die Wirkung der Brandung — Alte Zerstörung der Küsten des Areals der britischen Inseln bis zum Atlantischen Meere — Nöthige Sorgfalt in der Bestimmung der Grösse der Denudation von übergreifenden Gesteinen — Insulare Massen von Ablagerungen, die nach der Denudation zurückbleiben — Districte von gebogenen und gefalteten Schichten, die durch Denudation zerstört sind — Zerstörung von Land durch Denudation in der Jetztzeit — Grösse der durch Denudation entfernten Masse — Denudation in einigen Theilen von England und Wales . . . . . 609—678

Printed in Germany

Digitized by Google

YC 39815

827811

THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

Digitized by Google

Digitized by Google